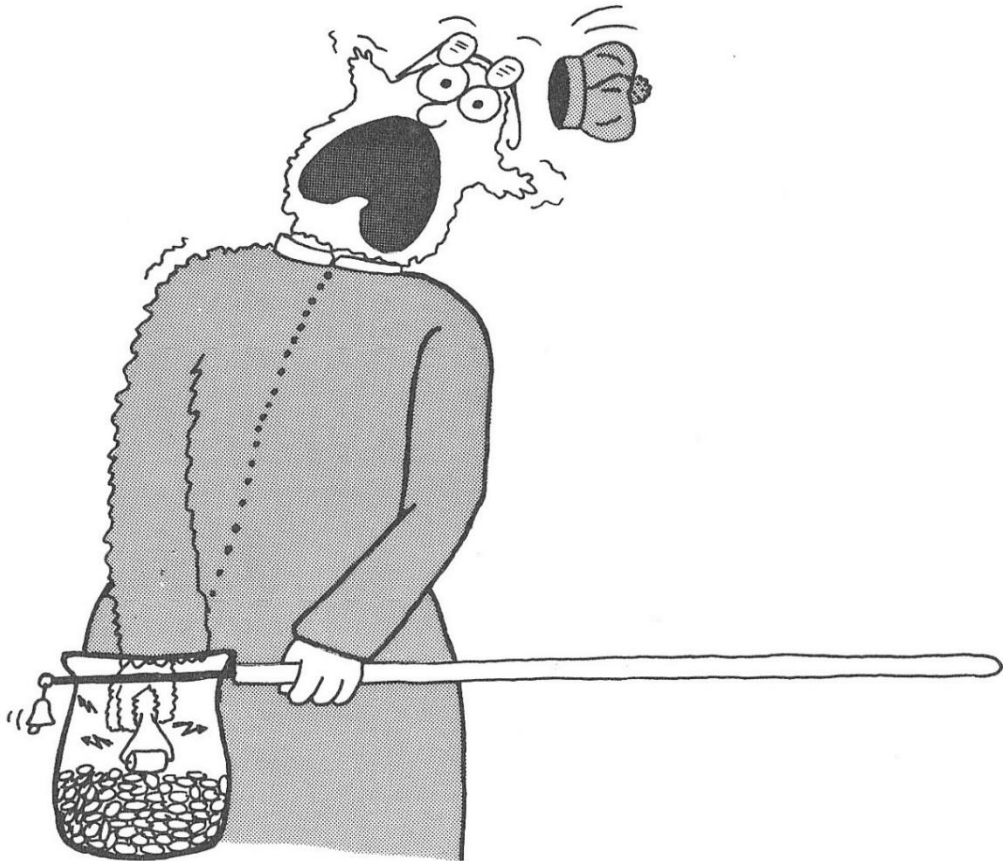


Walter Stein

Physik-Geschichten aus Bad Einstein

4 Aufgaben zur Elektrik

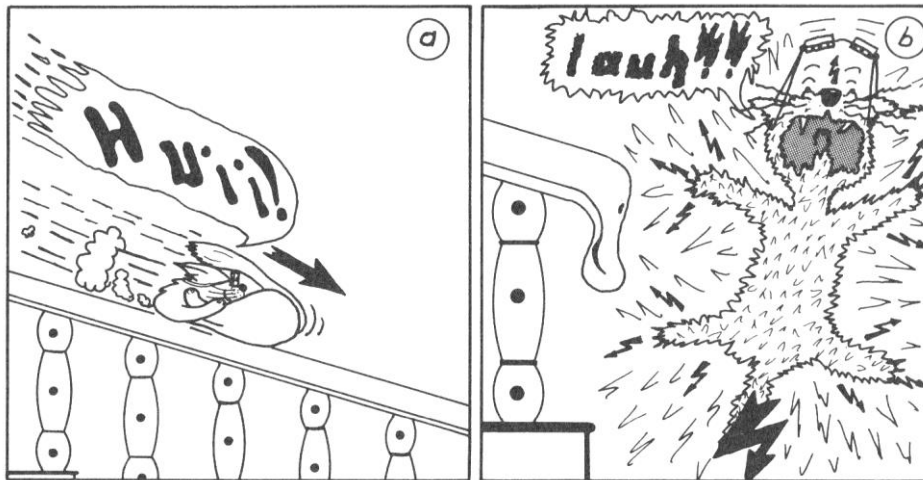


Inhalt

4	Aufgaben zur Elektrik	I
4.1	Ladung, elektrisches Feld, Strom.....	1
4.2	Spannung, Arbeit, Leistung	4
4.3	Elektrischer Widerstand	11
4.4	Kapazität.....	18
4.5	Ladung und magnetisches Feld	23
4.6	Halbleiter	33
	Lösungen zur Elektrik	41

4.1 Ladung, elektrisches Feld, Strom

E 1 Katzenjammer

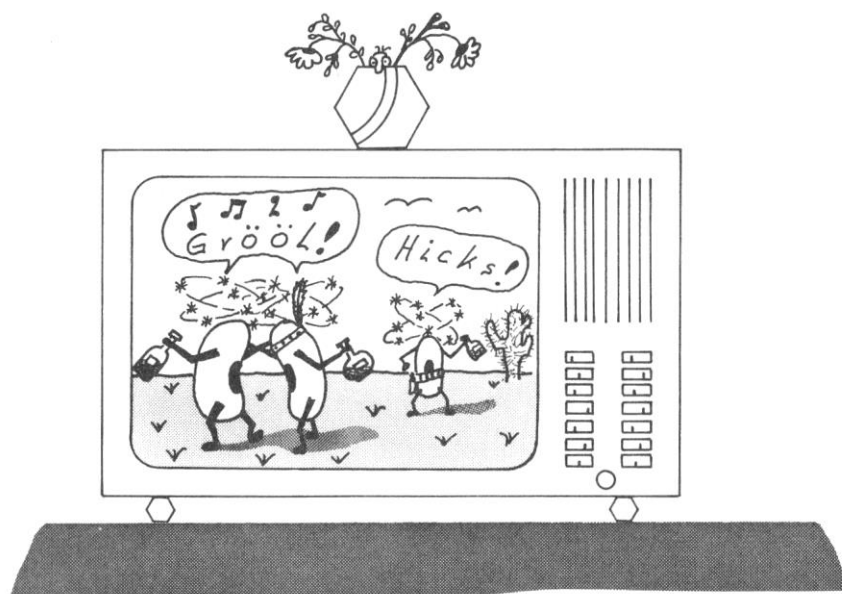


Das alte Treppengeländer bei Krawuttkes hat einen neuen Handlauf aus Kunststoff bekommen. Irene Muckefuck nutzt dies sofort für eine gewagte Rutschpartie.

- Am Ende des Treppengeländers besitzt Irene eine Ladung von $3,2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$. Wieviel Elektronen hat Irene beim Rutschen an den Handlauf abgegeben? Ein Elektron besitzt eine Ladung von $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- Welcher Strom ist bei der Entladung geflossen, wenn die Entladezeit von Irene 0,5 s betrug?

LÖSUNG E 1

E 2 Harte Jungs und blaue Bohnen



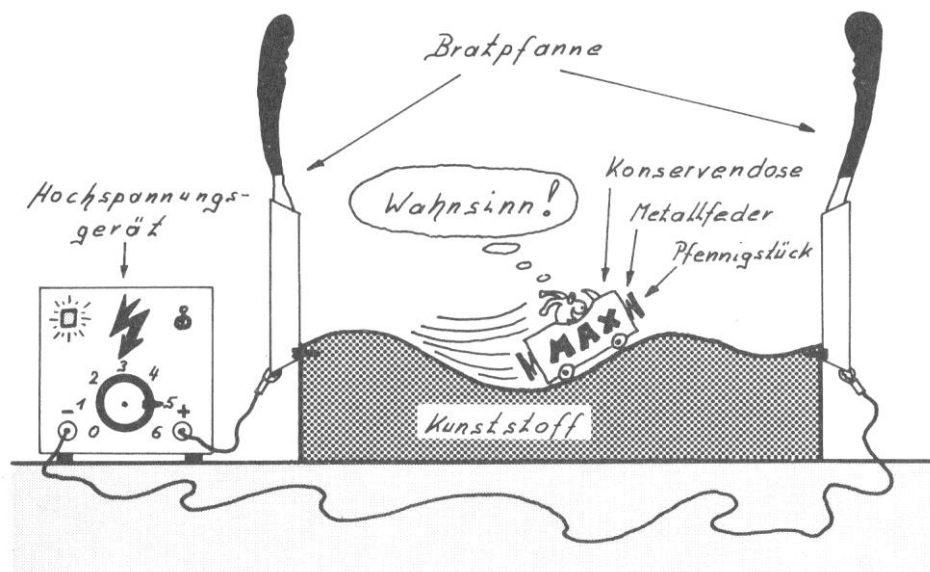
Der Fernsehwestern "Harte Jungs und blaue Bohnen" erweist sich als echter Straßenfeger. Auch Oma und Opa Krawuttke hängen wie gebannt vor der Mattscheibe, auf der jede Menge Action ist.

In der Flimmerkiste selbst ist natürlich auch jede Menge Elektronikaction, versteht sich. So erzeugt zum Beispiel der Elektronenstrahl in der Fernsehbildröhre pro Sekunde ca. 13 Millionen Bildpunkte. Bei einem Elektronenstrom von 1,5 mA treffen so während der Laufzeit des Wildwestfilmes $6 \cdot 10^{19}$ Elektronen (Elementarladung $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) auf die Leuchtstoffschicht der Bildröhre auf.

Berechne die Spieldauer des Wildwestfilmes.

LÖSUNG E 2

E 3 Die Bratpfannenkondensatorachterbahn



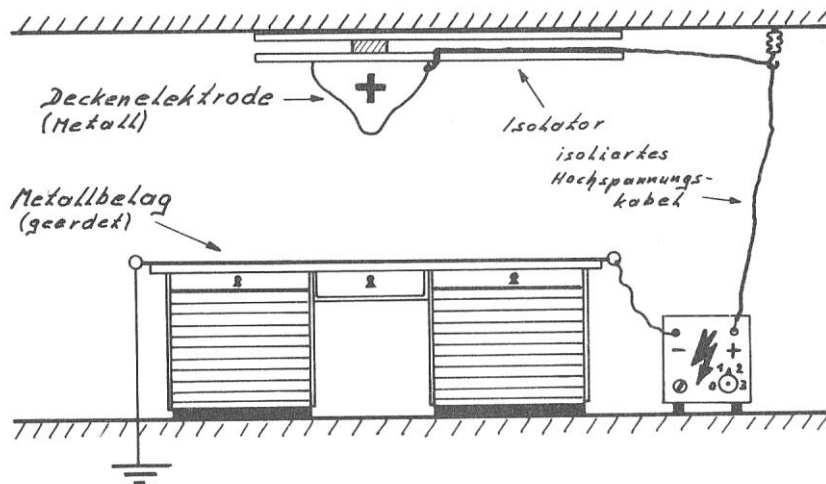
Die Schnecke Max liebt hohe Geschwindigkeiten und starke Beschleunigungen über alles. Aus diesem Grund jagt sie voller Begeisterung mit ihrem Metallauto auf der Bratpfannenkondensatorachterbahn hin und her.

- Das Metallauto von Max besitzt keinen Motor. Wieso kann es trotzdem auf der Bratpfannenkondensatorachterbahn immer hin und her fahren?
- Müssen die Bratpfannen dauernd mit dem Hochspannungsgerät verbunden sein, oder genügt es, sie einmal aufzuladen?

LÖSUNG E 3

E 4 Gefühle im elektrischen Feld

Opa Karl hält seinen Freunden im "Flotten Hugo" einen Vortrag: "Also, ich bin schon davon überzeugt, dass veränderliche elektrische Felder das Wohlbefinden eines Menschen beeinflussen können. Zum Beispiel lädt sich beim Duschen der Raum unter der Dusche negativ auf und das Wohlbefinden steigt. Oder man denke nur an die elektroklimatischen Wirkungen des Wetters.



Aus diesem Grund habe ich über meinem Schreibtisch eine Elektrode angebracht und auf die Schreibtischplatte eine Metallfolie geklebt. An beide Elektroden lege ich Hochspannung an. Eine elektronische Schaltung im Hochspannungsgerät sorgt dafür, dass die Stärke der Hochspannung sich zeitlich sinnvoll ändert. Wenn ich also geistig arbeite, dann befindet sich mein Kopf in diesem sich ändernden elektrischen Gleichfeld. Mein Wohlbefinden steigt und mir kommt eine tolle Idee nach der anderen."

Ob Opa Karls Überlegungen richtig oder falsch sind, können wir nicht beurteilen. Wissenschaftler, die sich mit dem Thema Luftelektrizität befasst haben, konnten bisher eine elektroklimatische Beeinflussung des menschlichen Wohlbefindens nicht sicher nachweisen.

Wir können uns jedoch das elektrische Feld zwischen Schreibtischplatte und Deckenelektrode für den skizzierten Zustand veranschaulichen. Berücksichtige die Richtung und Dichte des Feldes sowie den Feldlinienverlauf im Bereich der Metalloberflächen.

Gefahrenhinweis: Natürlich darf man sich ein solches Gerät nicht selber bauen, denn sonst schlägt einem nachher noch ein Blitz von der Deckenelektrode in die Birne. Exitus!

LÖSUNG E 4

E 5 Münchhausenstory Nr. 30

"Donnerteufel! Da habe ich aber noch mal Glück gehabt. Ich reite in voller Eisenmontur zu den diesjährigen Ritterspielen, als ich plötzlich von einem Wärmegewitter überrascht werde. Im vollen Galopp versuche ich, die nächste Dorfkneipe zu erreichen, doch - ZISCH! KRACH! - trifft mich auch schon ein Blitz. Mein Pferd bricht tot zusammen, während ich mit dem Schrecken davonkomme. Nun, dies ist ja auch kein Wunder, denn ich trug eine geschlossene Ritterrüstung, aus Eisen. Beste Qualität natürlich."

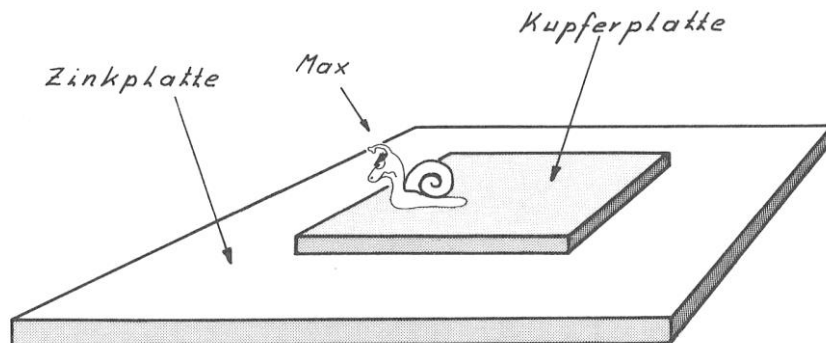
Münchhausen spinnt! Oder?

LÖSUNG E 5



4.2 Spannung, Arbeit, Leistung

E 6 Das Regenwurmgefängnis



Wegen ruhestörenden Lärms bei einer nächtlichen Zechtour hat man Schnecke Max ins Gefängnis gesteckt. Max ist sauer; denn normalerweise steckt man nur Regenwürmer in solche Gefängnisse.

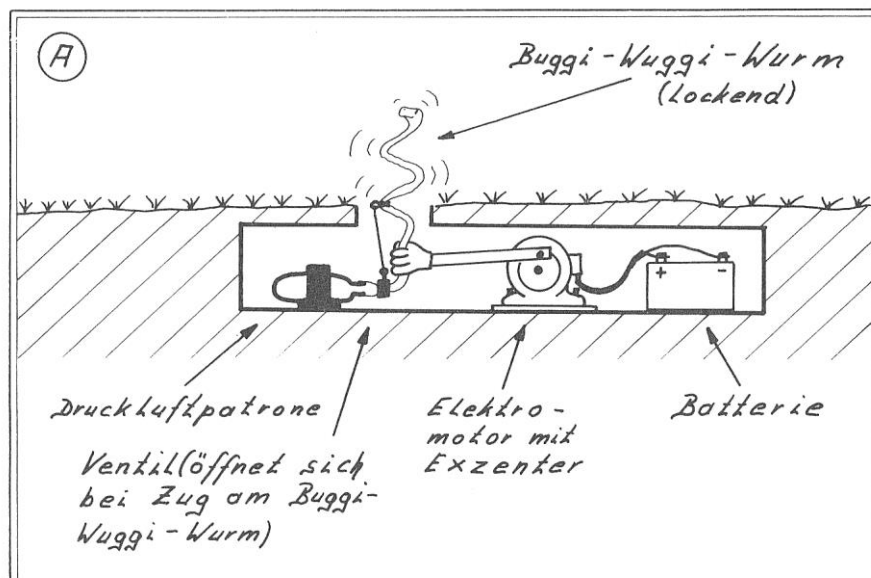
Was hindert Max oder einen Regenwurm daran, das Gefängnis zu verlassen?

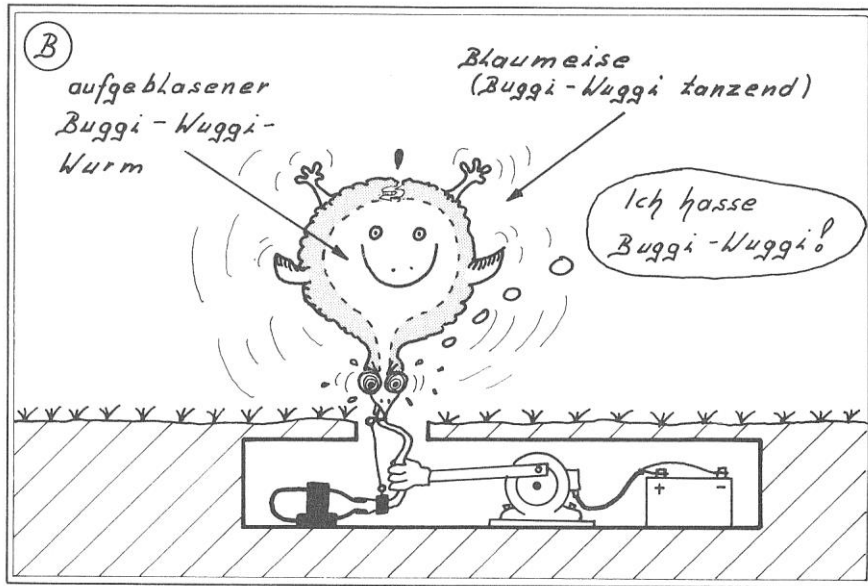
LÖSUNG E 6

E 7 Der Buggi-Wuggi-Wurm

Um den einheimischen Singvögeln den mühsamen Flug in ihre südlichen Winterquartiere zu ersparen, arbeitet Katze Irene Muckefuck für ein italienisches Feinkostunternehmen. Ihrer batteriebetriebenen Buggi-Wuggi-Wurm-Falle kann kein Piepmatz widerstehen. Bei einem konstanten Stromfluss von $0,8\text{ A}$ ist die Batterie jedoch schon nach 2 Stunden und 13 Minuten leer. In dieser Zeit hat die Batterie eine Arbeit von 150 kJ verrichtet.

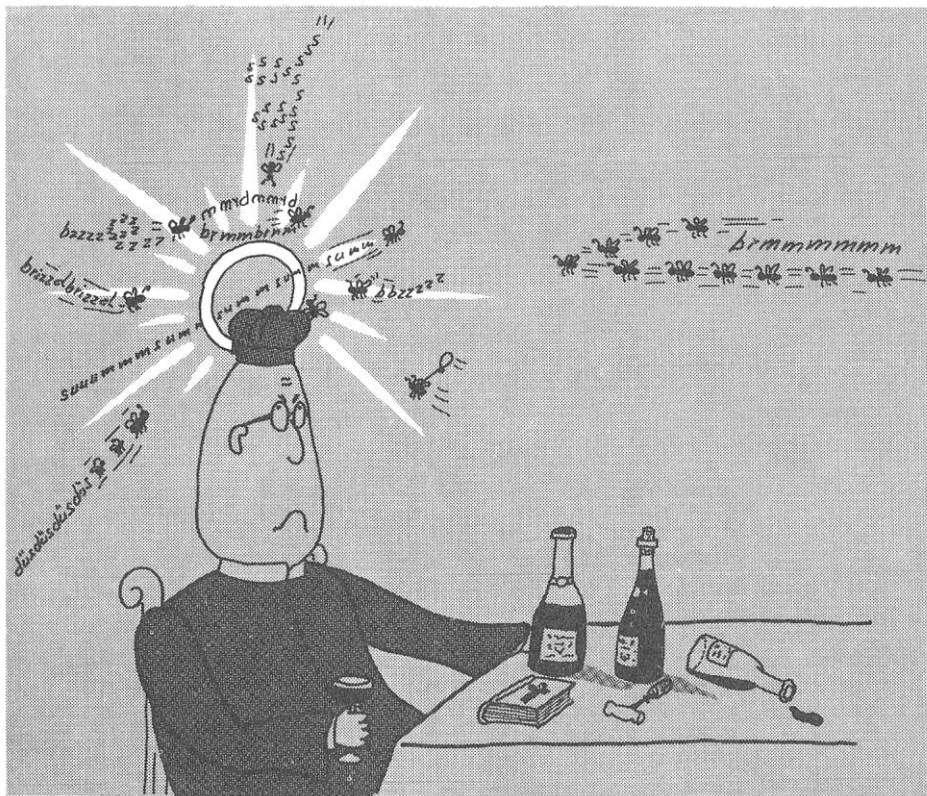
Berechne die Batteriespannung.





LÖSUNG E 7

E 8 Der umschwärmte Heilige

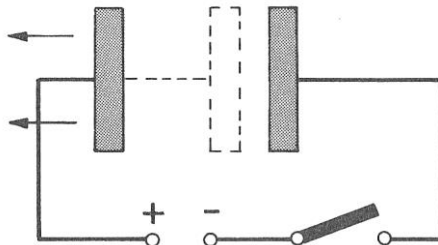


Am Anfang war Eligius Rosenfranz auf seinen neuen Heiligenschein, eine kleine kreisförmige 15 W - Glühlampe, mächtig stolz. Doch schon bald erkannte er, dass dieser Vorgriff auf seine Heiligsprechung auch mit Nachteilen verbunden war. Wenn er zum Beispiel an warmen Sommerabenden mit ein paar Flaschen Messwein im Pfarrgarten saß, dann wurde er wie eine Straßenlaterne von Mücken, Faltern und anderen Brummern belästigt. Außerdem wurde die teure kleine Batterie viel zu schnell leer.

Wie lange kann Eligius seinen Heiligenschein leuchten lassen, wenn die Batteriespannung 24 V und die Batteriekapazität 0,8 Ah beträgt?

LÖSUNG E 8

E 9 Münchhausenstory Nr. 31



"Bei meinem neuen Modellhütchen! Jetzt kann ich Euch endlich beweisen, dass der Energieerhaltungssatz nicht allgemein gültig ist. Wenn ich einen Kondensator mit einer Ladung von $Q_1 = 0,001 \text{ C}$ auf eine Spannung von $U_1 = 1000 \text{ V}$ auflade, so kann er eine Arbeit von $W_1 = U_1 \cdot Q_1 = 1000 \text{ V} \cdot 0,001 \text{ C} = 1 \text{ J}$ verrichten. Ich kann den gleichen Kondensator bei gleicher Ladung ($Q_1 = Q_2 = 0,001 \text{ C}$) aber auch eine größere Arbeit verrichten lassen. Dazu brauche ich nach dem Aufladen nur den Plattenabstand zu vergrößern (siehe Skizze). Dadurch steigt, wie ich mit einem elektrostatischen Messgerät nachweisen kann, die Spannung, z. B. von $U_1 = 1000 \text{ V}$ auf $U_2 = 2000 \text{ V}$. Aus $W_2 = U_2 \cdot Q_2 = 2000 \text{ V} \cdot 0,001 \text{ C} = 2 \text{ J}$ folgt, dass das Arbeitsvermögen des Kondensators zugenommen hat, obwohl ihm keine neuen Ladungsträger mehr zugeführt worden sind. Es ist also elektrische Energie $E = \Delta W = W_2 - W_1 = 2 \text{ J} - 1 \text{ J} = 1 \text{ J}$ aus dem Nichts entstanden.

Spannungsquellen sind also Energiequellen, die ausnahmsweise mal nicht dem Energieerhaltungssatz gehorchen."

Münchhausen spinnt! Oder?

LÖSUNG E 9



E 10 Popel 2000



Die Sensation auf der diesjährigen Haushaltsmesse von Bad Einstein ist "Popel 2000". Hygienisch, vollelektronisch, mit vielseitigem Zubehör. Die Innovation nach der Erfindung der elektrischen Zahnbürste !!

"Popel 2000" trägt die Aufschrift 50W, 220V. Wie groß ist die Stromstärke beim Betrieb von "Popel 2000"?

[LÖSUNG E 10](#)

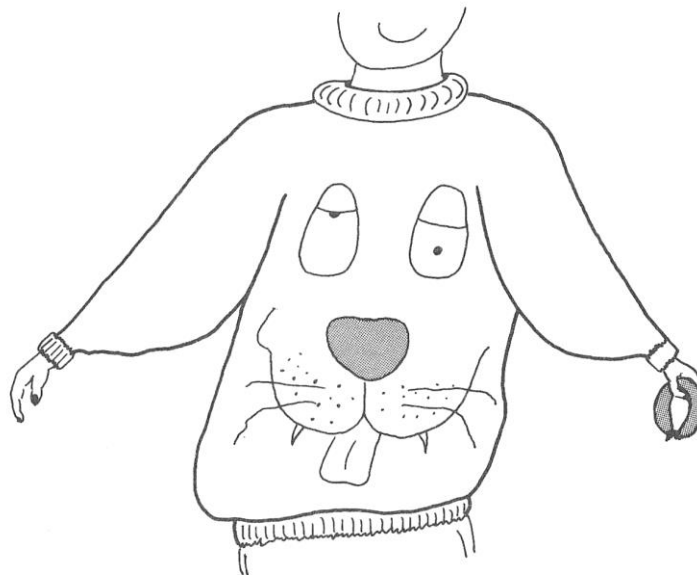
E 11 Schluss mit der Wiederkäuerei

"Das hat mich schon immer angekotzt! Diese ewige Wiederkäuerei!", mault die faule Kuh Hannelore. "Was lag also näher, als mir einen elektrischen Mixer zu kaufen. Rein mit dem Heu, etwas Milch hinzu - Switch! - und schon schlürfte ich mir mein Futter rein. Eine echte Entlastung für Pansen, Netz-, Blätter- und Labmagen."

Welche Arbeit verrichtet der Mixer, wenn Hannelore großen Hunger hat (einstündiger Dauerbetrieb!)? Der Mixer ist an 220 V angeschlossen, und es fließt ein Strom von 1,2 A.

[LÖSUNG E 11](#)

E 12 Der Wau-Wau-Pullover



Dank der neuen elektrischen Strickmaschine hat Oma Bertha Krawuttke mit ihrem Wau-Wau-Pullover den Strickwettbewerb "Flotte Masche" gewonnen.

6 Stunden 45 Minuten lief die Strickmaschine ($U = 220 \text{ V}$, $I = 2,7 \text{ A}$), dann war der Wau-Wau-Pullover fertig. Berechne die elektrischen Betriebskosten, wenn der Preis für eine Kilowattstunde 0,20 DM beträgt.

[LÖSUNG E 12](#)

E 13 "Einfach Spritze"

Pfarrer Eligius Rosenfranz hat den Zug der Zeit erkannt, und so hält die Elektronik auch Einzug in die Pfarrkirche von Bad Einstein. Meditative Sphärenklänge von der neuen elektronischen Kirchenorgel, sowie der im Rhythmus der Messgesänge aufleuchtende Heiligenschein von St. Albert sind nur einige Beispiele. Eligius ganzer Stolz ist jedoch der vollelektronische Weihwassersegen. Sobald Eligius mit seinem Spezialkreuz (mit integriertem Ultraschallsender!) die Gemeinde segnet, öffnen sich die Düsen der Feuerlöschanlage an der Kirchendecke und versehen die Gläubigen mit der notwendigen Portion Weihwasser. Einhelliger Kommentar der Gläubigen: "Einfach Spritze!"*

Für einen tüchtigen Segen muss die Elektropumpe 375 Liter ($F_G = 3679 \text{ N}$) Weihwasser 9,3 m hochpumpen.

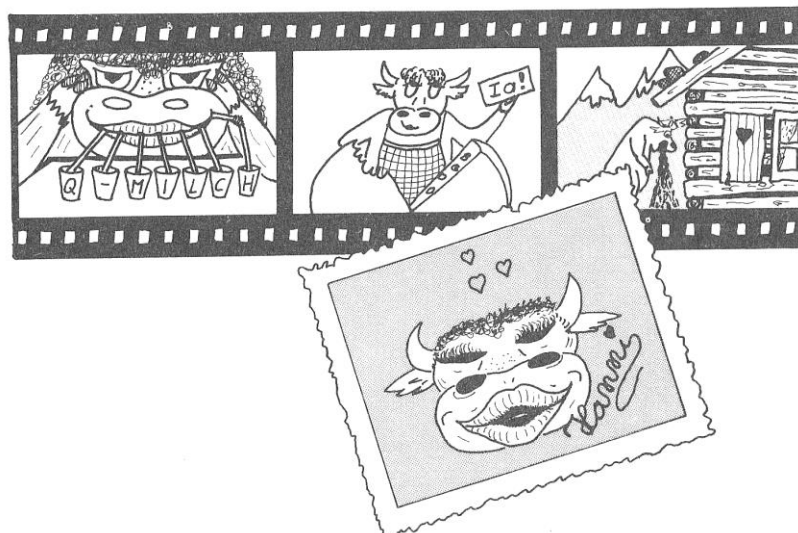
Wie hoch sind die Stromkosten für einen solchen Weihwassersegen, wenn die Elektropumpe einen Wirkungsgrad von 85% hat und Eligius dem Elektrizitätswerk 0,20 DM für 1 kWh bezahlt? Tipp: 1 kWh = 3600 kJ

*Die Meinungsumfrage bei den Gläubigen wurde allerdings nach einem feierlichen Hochamt an einem extrem heißen Sommertag durchgeführt.

LÖSUNG E 13

E 14 Das Fotomuhdell

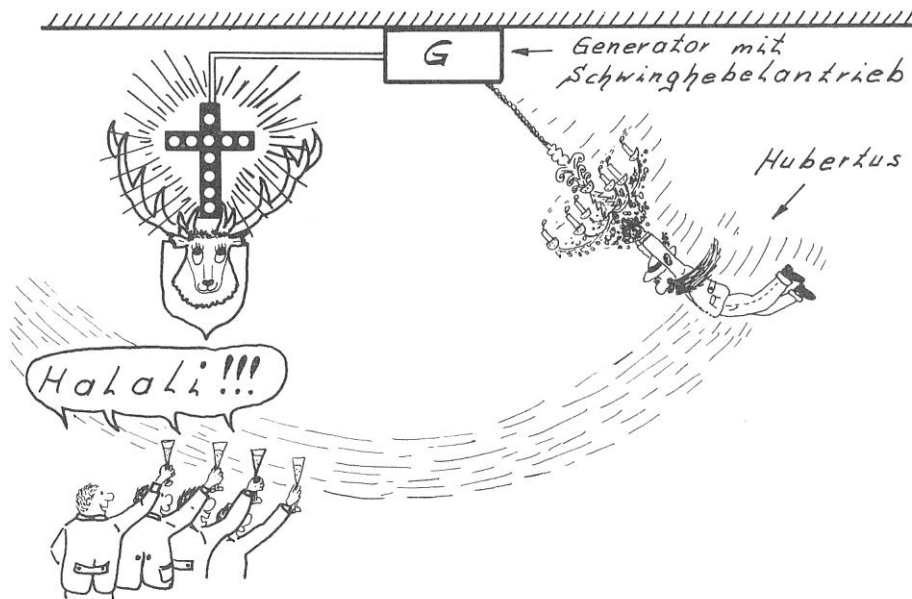
Während die Allgäuer Normalkuh in diesem Frühjahr wieder die Berge hochgehetzt wird, damit sie nach kurzer Rast auf der Maiensässe die Alm abgrasen kann, darf Hannelore die Seilbahn benutzen, denn sie wurde von einer weltbekannten Firma als Fotomuhdell für Käse-, Milch- und Schokoprodukte engagiert.



In welcher Zeit überwindet Hannelore ($F_G = 6000 \text{ N}$) mit der Seilbahn einen Höhenunterschied von 1200 m, wenn der Gleichstrommotor bei einer Spannung von 440 V einen Strom von 60 A aufnimmt? Der Gesamtwirkungsgrad der Seilbahnanlage beträgt 35%. Die Gewichtskraft der Gondeln braucht nicht berücksichtigt zu werden, da genauso viele Gondeln bergauf wie bergab fahren.

LÖSUNG E 14

E 15 Halali!!!

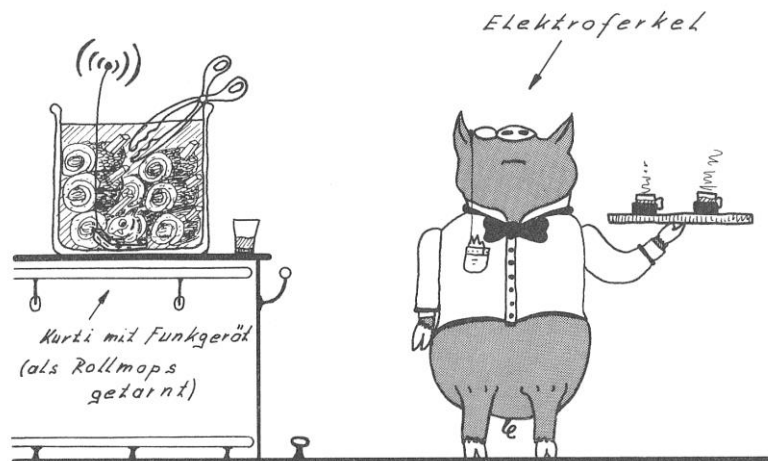


Heute am Hubertustag (3.11.) ist bei Oberförster Hubertus Blattschuss wieder die Hölle los. Der Försterball zum Wohle des deutschen Wolpertingers ist noch keine drei Stunden alt, und schon schwingt sich Oberförster Hubertus Blattschuss von Kronleuchter zu Kronleuchter, um sich letztendlich mit einem Tarzanbrunftschrei auf den Galakronleuchter zu stürzen. Denn erst, wenn dieser zentnerschwere Leuchter in Schwingungen versetzt wird, beginnt das Glühlampenkreuz des Hubertushirsches zu leuchten. Aber auch die anderen Grünröcke waren an diesem Abend in solcher Hochstimmung, dass das Hubertuskreuz die ganze Nacht leuchtete.

Welche Arbeit musste ein am Galakronleuchter hängender Grünrock in einer Minute verrichten, wenn der Generator bei einem Wirkungsgrad von 0,85 eine Spannung von 220 V und einen Strom von 0,3 A lieferte?

LÖSUNG E 15

E 16 Die ferngesteuerte Wildsau



Der Höhepunkt auf dem Försterball ist jedoch die Wildsau von Baron Münchhausen. Dieses ausgestopfte, vollelektronische Schwein kann nicht nur grunzen, sondern auch Glühwein kochen und zum Wohltätigkeitspreis von 5,- DM manngerecht servieren. Alle sind verblüfft, und Münchhausen gibt diesbezüglich Lügengeschichten in feinstem Jägerlatein zum Besten. In Wirklichkeit wird dieses Elektroferkel jedoch von Kurti Klunker ferngesteuert, der als Rollmops getarnt (ein nicht ungefährlicher Job!) von der Theke aus die Szene im Blick hat.

Das Elektroferkel kocht den Glühwein auf einer elektrischen Heizplatte ($U = 220 \text{ V}$, $I = 10 \text{ A}$). Wie lange braucht das Elektroferkel, um 5 Liter ($m = 5 \text{ kg}$) Glühwein von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $95 \text{ }^\circ\text{C}$ zu erhitzen, wenn 40% der erzeugten Wärme ungenutzt an die Umgebung abgegeben werden?

$c = 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

LÖSUNG E 16

E 17 Jetset-Sylvester

Baron Münchhausen erzählt: "Mann, oh, Mann! So ein Jetsetleben ist schon große Klasse! Mit unserem Düsenklipper starteten wir am 31.12. um 3^{00} Uhr morgens von Honolulu (Hawaii) aus in Richtung Mikronesien. Pünktlich nach ca. einer Stunde Flug, erreichten wir am 31.12. genau um 24^{00} Uhr die Datumsgrenze.

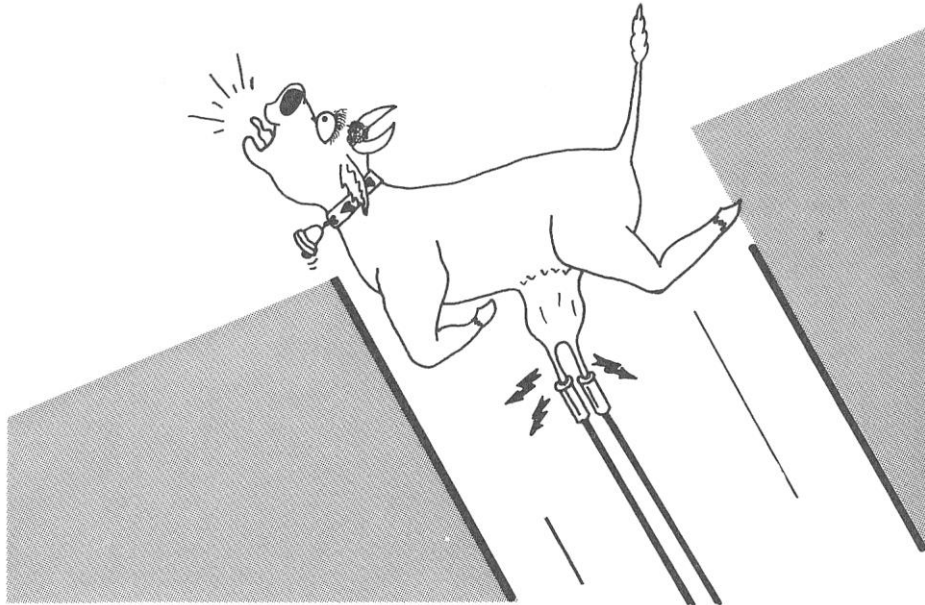
Die Champagnerkorken jagten nur so durch den luxuriösen Passagierraum, aus Freude über das beginnende neue Jahr. Und dann wurde die Sache anstrengend; denn wir flogen genau mit der Geschwindigkeit nach Westen, mit der sich die Erde von West nach Ost dreht. Dadurch hatten wir immer 24^{00} Uhr Ortszeit, und somit mussten wir 24 Stunden lang (!) ohne Unterbrechung Sylvester feiern, d.h., 24 Stunden lang Champagnerkorken knallen lassen, zuprosten, ein frohes neues Jahr wünschen und Bleigießen, wie es halt am Silvesterabend so Brauch ist. Stellt Euch vor, pro Nase hat jeder 27 kg Blei in dieser 24stündigen Nacht vergossen, und das bei einem Luxuspreis von 15,- DM für die kWh!

Rechnet Euch mal diese enormen Stromkosten aus und sagt mir, wie viele feiernde Jetseter an Bord waren. Der kleine Schmelzofen ($U = 400 \text{ V}$, $I = 18 \text{ A}$) brauchte 1 Stunde, um das gesamte Blei von $20 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $327 \text{ }^\circ\text{C}$ zu erwärmen? Blei wird bei $327 \text{ }^\circ\text{C}$ flüssig. Seine spezifische Wärmekapazität beträgt $c = 0,129 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ und seine Schmelzwärme $s = 24,7 \text{ kJ}/\text{kg}$. Die Wärmeabgabe an die Umgebung dürft Ihr heute bei der Rechnung mal vernachlässigen."

LÖSUNG E 17

4.3 Elektrischer Widerstand

E 18 Wegen hohem I_{Kuh} nicht anerkannt



Der Hochsprungweltrekord von Hannelore (4 m aus dem Stand!) wurde nicht anerkannt, da er auf einen Körperschluss in der Melkmaschine zurückzuführen war. Durch Hannelore floss bei einer Spannung von $U_{\text{Kuh}} = 24 \text{ V}$ ein Strom von $I_{\text{Kuh}} = 15 \text{ mA}$.

Berechne den Körperwiderstand R_{Kuh} von Hannelore.

Der Körperwiderstand wird hauptsächlich vom Hautwiderstand der Kuh an den beiden Kontaktstellen bestimmt. Der elektrische Widerstand im Innern der Kuh (= Elektrolyt) ist gering.

LÖSUNG E 18

E 19 Radio Aktiv

Seit Tagen macht der Schwarzsender "Radio Aktiv" den Äther von Bad Einstein unsicher. Mit verstellter Stimme quakt ein Unbekannter im öffentlichen Rundfunk genauso dazwischen wie im Polizeifunk. Die Leute im Peilwagen des Funkkontrollmessdienstes haben nun herausgefunden, dass "Radio Aktiv" ein mobiler, batteriebetriebener Schwarzsender der Marke "Störenfried" ist. Dieses Gerät besitzt einen Schwarzsendereingangswiderstand von 8Ω und nimmt einen Strom von $1,5 \text{ A}$ auf.

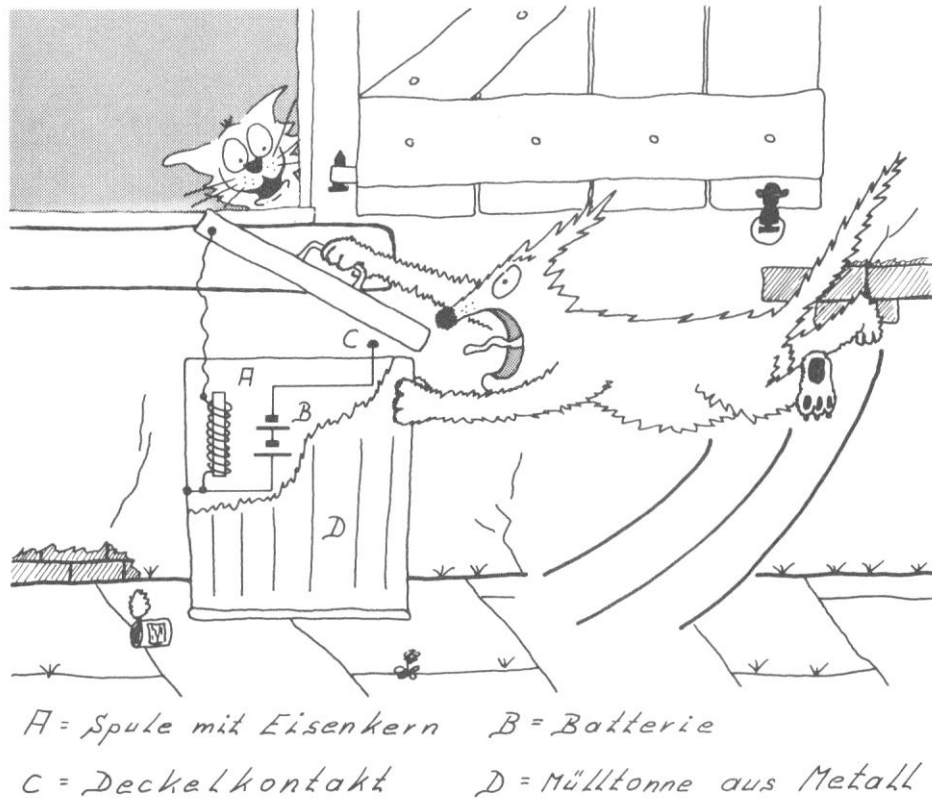
Der arme Baron Münchhausen wird als Täter verdächtigt, da er sich jede Menge 12 V - Batterien gekauft hat. Ist der Verdacht des Funkkontrollmessdienstes begründet?

LÖSUNG E 19

E 20 Graue Mäuschen - Fliegende Hunde

Die Katze Irene Muckefuck ist es leid, immer nur graue Mäuschen zu vernaschen. So eine knackige Micky Maus, dies wäre ihr Traum. Doch sie lebt halt nicht in Hollywood, sondern nur in Bad Einstein.

Und so muss sie sehen, dass sie hier ihren Spaß bekommt. Aus diesem Grunde hat sie ein Elektrisiergerät für den dummen Köter aus der Nachbarschaft gebaut, der immer ihre Mülltonne durchschnüffelt. Wenn der Köter den Deckel öffnet, wird der Stromfluss zwischen Spule und Batterie unterbrochen. Das Magnetfeld in der Spule bricht zusammen und an den Enden der Spule steht kurzfristig eine hohe Spannung an, die den armen Nachbarsköter in einen fliegenden Hund verwandelt.



Ist der Mülltonnendeckel geschlossen, so fließt fortwährend ein Strom durch die Magnetspule, die aus 800 m isoliertem Kupferdraht ($\rho_{Cu} = 0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) von $0,4 \text{ mm}^2$ Querschnitt gewickelt ist. Berechne diesen Spulenstrom, wenn die Batteriespannung 13,5 V beträgt.

LÖSUNG E 20

E 21 Kurzschluss findet Kurzschluss

Der Abteilungsleiter im Fernmeldeamt von Bad Einstein ist dem Herzinfarkt nahe. In dem 40 km langen, unterirdisch verlegten vieladrigen Kabel zum Nachbarort ist irgendwo zwischen der roten und der grünen Leitung ein Kurzschluss entstanden. Einen 40 km langen Graben auszuheben, um das Kabel nachzuprüfen, ist ganz schön viel Arbeit und ganz schön viel teuer. Voller Verzweiflung ruft der Abteilungsleiter seinen Freund Kommissar-Kurzschluss von der Kriminalpolizei an.

"Na, Jungs, nun macht euch mal nicht gleich in die Hose", sagt Kommissar Kurzschluss und schließt eine 24 V - Batterie und ein Amperemeter an die rote und grüne Leitung an. Für jede der beiden Leitung gilt: $A = 1 \text{ mm}^2$, $\rho_{Cu} = 0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Das Amperemeter zeigt einen Strom von 19 mA an.

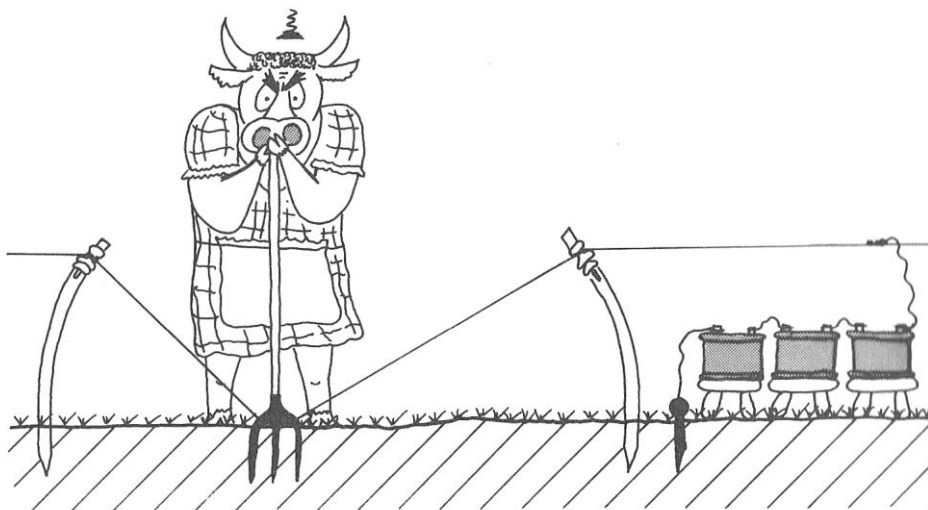
Wie weit ist der Kurzschluss von Bad Einstein entfernt?



E n d l i c h !!! Ein Bild vom Autor dieses Buches.

LÖSUNG E 21

E 22 Kurzentschlossen kurzgeschlossen



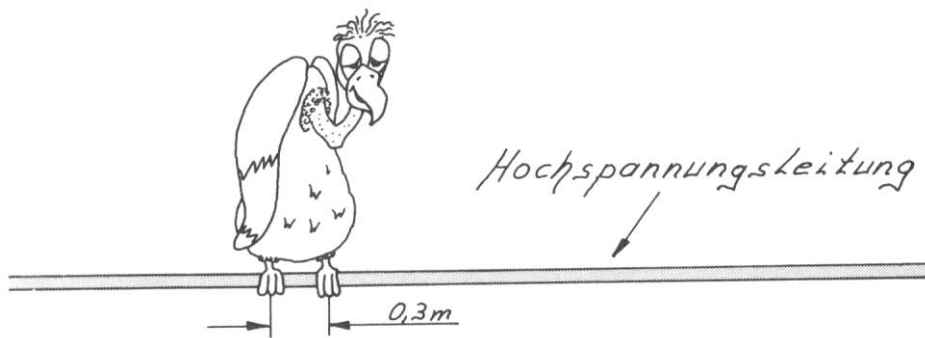
"Ja, ich bin doch hier nicht im Hochsicherheitstrakt einer Strafvollzugsanstalt!", tobt Hannelore und erdet kurzentschlossen den elektrischen Weidezaun mit einer Mistgabel.

Bei normalen elektrischen Weidezäunen sorgt aus Sicherheitsgründen eine elektrische Schaltung dafür, dass kein kontinuierlicher Strom fließt, sondern nur kurze Stromstöße das den Draht berührende Rindvieh drangsaliert. Hannelores Weidezaun war jedoch Marke Eigenbau. Hier wurden, entgegen allen Sicherheitsvorschriften, drei Autobatterien mit einer Quellenspannung (= Klemmenspannung im unbelasteten Zustand) von je 24 V und einem Innenwiderstand von je 0,2 Ω in Reihe geschaltet. Der äußere Widerstand nach Hannelores kurzentschlossenem Erdschluss betrug 2,5 Ω .

Berechne die Stromstärke I.

LÖSUNG E 22

E 23 Geierwally in Bad Einstein



So ein Pech! Der Geier ist durchgebrannt. Dabei sollten Szenen der Neuauflage des Films "Die Geierwally" in Bad Einstein gedreht werden. Und nun hängt dieser Vogel schlapp auf der Hochspannungsleitung.

Warum bekommt der Geier auf der Hochspannungsleitung eigentlich keinen gezwitschert?

Durch die Hochspannungsleitung fließt ein Strom von $I_H = 1000 \text{ A}$. Berechne den Strom, der durch den Geier fließt. Benutze folgende Angaben: $R_{\text{Geier}} = 10 \text{ k}\Omega$, Abstand zwischen den Geierfüßen = $0,3 \text{ m}$, Querschnitt der Hochspannungsleitung $A = 300 \text{ mm}^2$, spezifischer Widerstand der Hochspannungsleitung $0,03 \text{ }\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Anmerkung: Ströme, die kleiner als 2 mA sind, spürt der Mensch kaum.

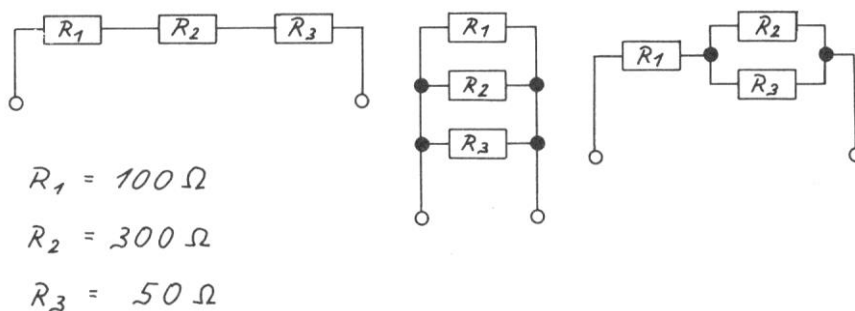
LÖSUNG E 23

E 24 Quizabend im "Flotten Hugo"

Heute ist wieder Quizabend im "Flotten Hugo", und Hugo Hastig reibt sich zufrieden die Hände; denn das Bier läuft in Strömen.

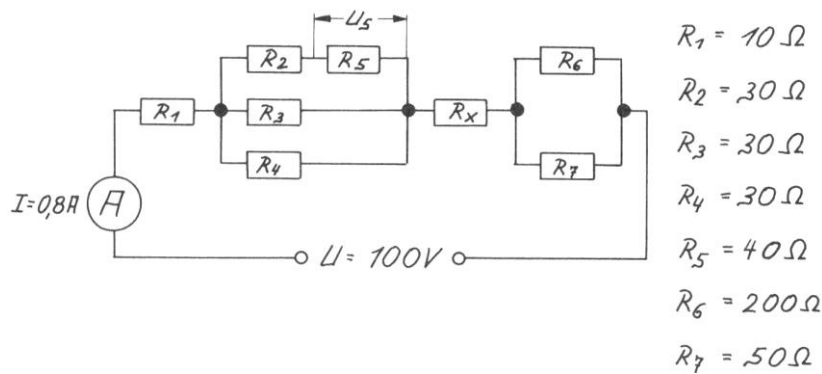
Nun stellt Opa Karl die ersten Fragen zum Thema "Widerstand in der Bundesrepublik."

a) Berechne den Gesamtwiderstand jeder Schaltung (siehe Skizze).

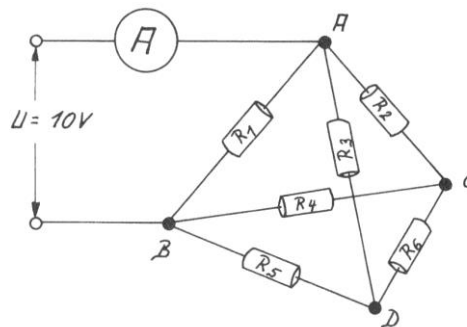


b) Wieviel verschiedene Gesamtwiderstände lassen sich mit drei gleichen Widerständen ($R = 100 \text{ }\Omega$) herstellen? Berechne sie.

c) Berechne den Widerstand R_x und die Spannung U_5 .



d) Welche Stromstärke zeigt das Messgerät an?



$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 10 \Omega$$

LÖSUNG E 24

E 25 Münchhausenstory Nr. 32

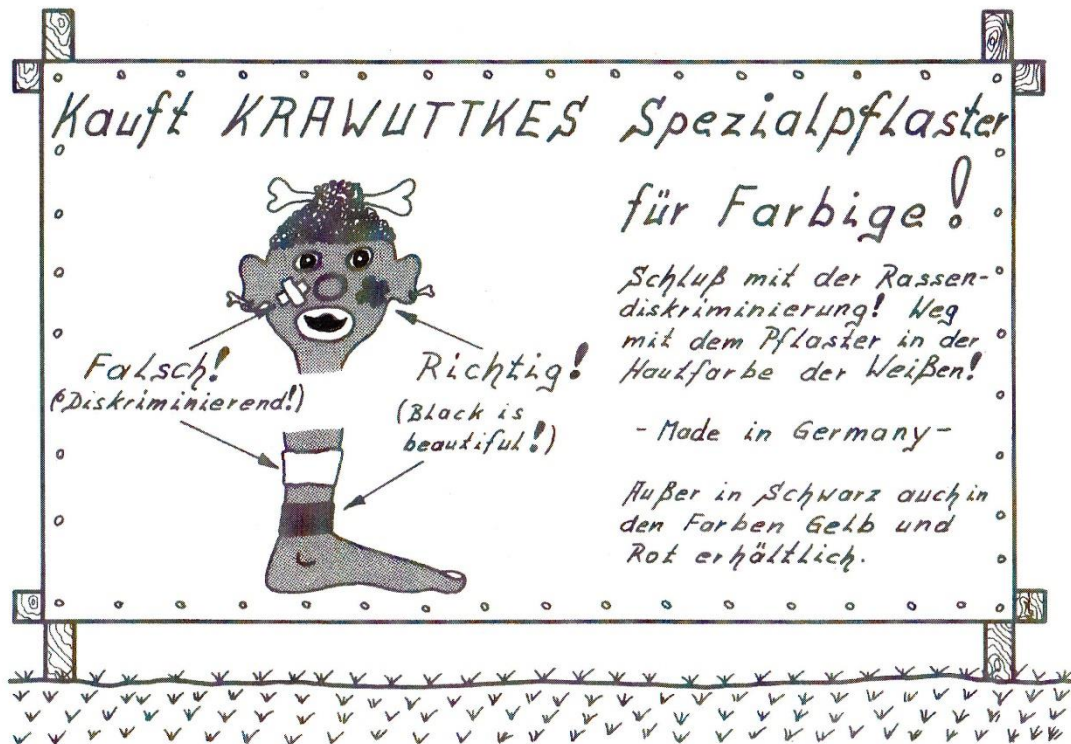
Münchhausen ist happy; denn er hat den Quizabend im "Flotten Hugo" gewonnen. Aus lauter Freude erzählt er den Kneipengästen folgende Münchhausenstory: "Ich baute mir einmal die obige Schaltung aus vier gleichen Glühlampen ($U = 6 \text{ V}$, $R = 12 \Omega$, $P = 3 \text{ W}$) auf und machte folgende erstaunliche Beobachtung: Wenn ich die Lampe A herausraubte, dann leuchteten die restlichen drei Lampen dunkler als vorher. Schraubte ich jedoch die Lampen A und D heraus, so leuchteten die Lampen B und C heller als in der Ausgangsschaltung."

Münchhausen spinnt! Oder?

LÖSUNG E 25



E 26 „Watt ihr Volt!“



"Ihr da Ohm macht ja doch, Watt ihr Volt!", tobt Opa Karl vor dem Leiter des Patentamtes von Bad Einstein, der gerade Opa Karls genialer Erfindung die weltweiten Schutzrechte verweigert hat. Dabei wäre seine Erfindung - schwarzes Pflaster und schwarze Mullbinden für Schwarze - nicht nur für Afrika von Bedeutung gewesen. Trotz alledem, Opa Karl beginnt mit der Produktion. Seine alte Bartwickelmaschine baut er zu einer superschnellen Mullbindenwickelmaschine um. Wenn die vorher weißen Mullbinden aus dem Farbbad kommen, müssen sie vor dem Aufwickeln blitzschnell getrocknet werden. Dies besorgt ein 3,5 kW - Wärmestrahler, der einen Widerstand von 40 Ω besitzt.

Wie groß ist der Strom, der durch den Wärmestrahler fließt?

[LÖSUNG E 26](#)

E 27 Schinkenvereisung

"Ja, zum Teufel; glaubt ihr denn ich will mir im Winter auf meinem fürstlichen Donnerbalken eine Schinkenvereisung holen! Nein, Nein! Energieverschwendung hin oder her, meine Klobrille wird im Winter elektrisch geheizt."

Wieviel muss Münchhausen für die tägliche (24 Stunden) Beheizung seiner Klobrille bezahlen, wenn die zwei parallel geschalteten Heizdrähte eine Länge von je 50 m und einen Querschnitt von 0,1 mm² besitzen. Ihr spezifischer Widerstand beträgt $\rho = 1,09 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Die Klobrille ist an 220 V Netzspannung angeschlossen und eine kWh kostet 0,20 DM.

[LÖSUNG E 27](#)

E 28 Crêpe à la Max

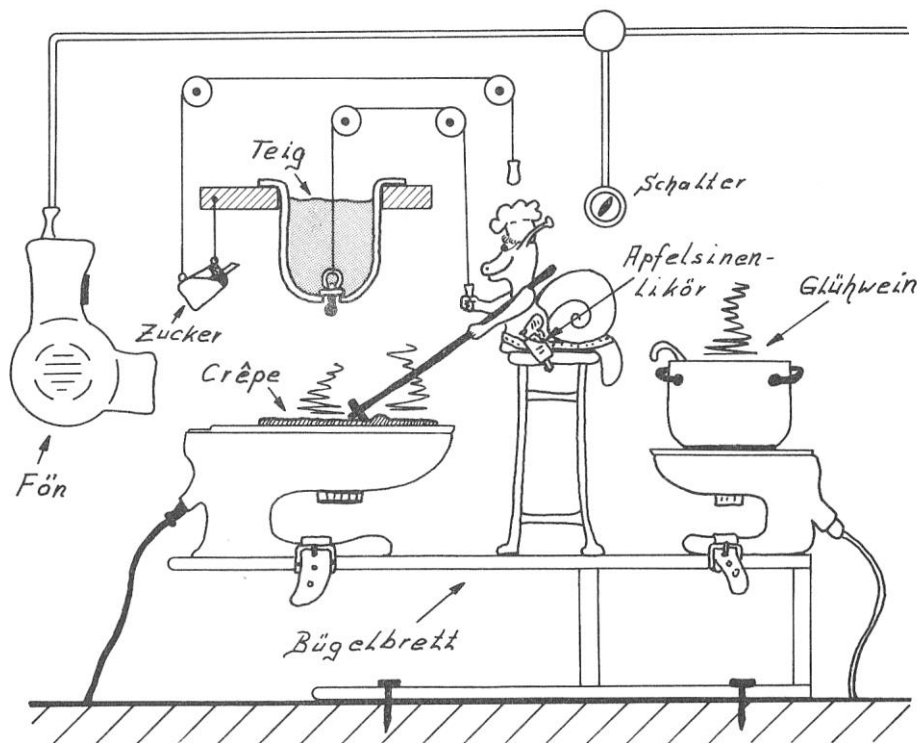
Auf dem diesjährigen Weihnachtsmarkt von Bad Einstein macht unsere liebe Schnecke Max wieder das große Geschäft; denn Max kennt die Bedürfnisse des Marktes (Durst und Hunger!), und er hat es verstanden, die Investitionskosten für die Produktionsmittel gering zu halten. So hat er sich zwei Bügeleisen bei Oma Bertha ausgeliehen. Auf dem großen backt er täglich 240 Crêpe à la Max und auf dem kleinen kocht er Glühwein.

- a) Bei einem Strompreis* von 0,20 DM für 1 kWh entstehen Max für das Backen von 240 Crêpes à la Max Stromkosten in Höhe von 1,92 DM. Welchen Widerstand besitzt das große Bügeleisen, wenn es eine Betriebsspannung von 220 V besitzt und Max zum Backen von einer Crêpe 2 Minuten benötigt?

*Die Worte "Strompreis" und "Stromkosten" sind zwar gebräuchlich, aber unkorrekt. In Wirklichkeit zahlt man für die in den Haushaltsgeräten umgewandelte elektrische Energie.

- b) Wie lange dauert es, bis Max mit seinem kleinen Bügeleisen ($U = 220 \text{ V}$, $R = 60,5 \Omega$) 1 Liter* Glühwein ($c = 3,8 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$) von $5 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $95 \text{ }^\circ\text{C}$ erwärmt hat, wenn nur 75% der elektrischen Energie in innere Energie des Glühweins umgewandelt werden?

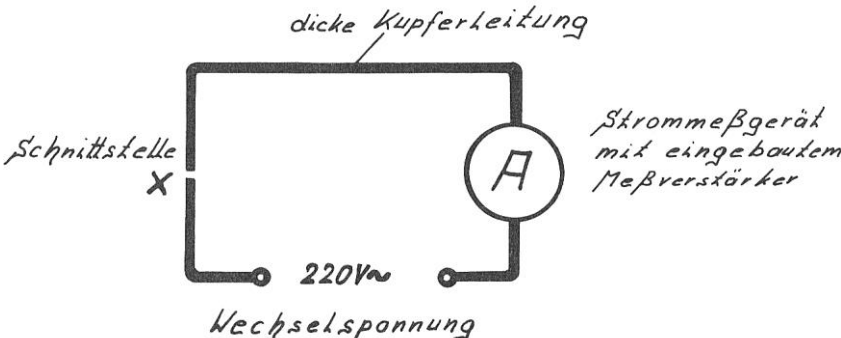
*Rechne mit $V = 1 \text{ Liter} \cong 2 \text{ m} = 1 \text{ kg}$.



LÖSUNG E 28

4.4 Kapazität

E 29 Münchhausenstory Nr. 33



The diagram shows a rectangular circuit loop. The top wire is labeled "dicke Kupferleitung" (thick copper wire). The bottom wire is labeled "220V~ Wechselspannung" (220V AC voltage). On the right side, there is a circle containing the letter "A", representing an ammeter, with the text "Strommeßgerät mit eingebautem Meßverstärker" (current measuring device with built-in amplifier) next to it. On the left side, there is a break in the wire labeled "Schnittstelle X" (cut-off point X).

"Die Behauptung, nur in einem geschlossenen Stromkreis fließt ein Strom, ist Unsinn, liebe Leute. Wenn ich an der Stelle X (siehe Skizze) die leitende Verbindung durchschneide, so zeigt mein hochempfindliches Messgerät auch weiterhin einen Strom an, obwohl der Stromkreis unterbrochen ist. Paradoxe Weise erhöht sich der Stromfluss auch noch deutlich, wenn ich ein Stückchen Isolierstoff, z.B. Glas, zwischen die beiden Schnittstellen schiebe."

Münchhausen spinnt! Oder?

[LÖSUNG E 29](#)



E 30 In dulci jubilo!



Pastor Eligius Rosenfranz überlegt sich ernsthaft, ob er Baron Münchhausens exkommunizieren lassen soll, da dieser ihm einen geladenen Kondensator ($C = 40 \mu\text{F}$, $U = 220 \text{ V}$) in den Klingelbeutel gelegt hat.

Berechne die Ladung Q , die durch die Hand von Eligius floss.

LÖSUNG E 30

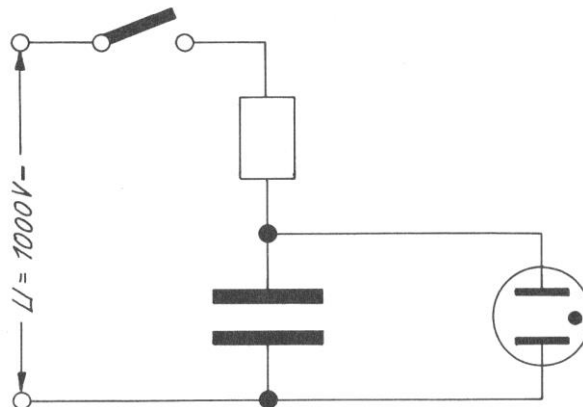
E 31 "Kann denn Liebe Sünde sein?"

In der Rentnerdisco "Zum Goldenen Krückstock" ist wieder der Teufel los. Zum Glück ist Jugendlichen unter 60 Jahren der Zutritt versagt; denn die Musik ist so heiß und fetzig, dass selbst auf Tisch und Theke rumgeschwoft wird. Als dann noch Zarah Leanders "Kann denn Liebe Sünde sein?" aufgelegt wird, droht der euphorisch-hysterische Jubelschrei der Gäste das Gebäude zum Einsturz zu bringen. Der Diskjockey dreht auf full power, sodass auch die Letzten ihre Hörgeräte abschalten können, und dann schaltet der Diskjockey zum ersten Mal das neue Superflashlight (siehe Skizze) von Opa Karl Krawuttke ein. Waaaaaaahhhhhnnnsinn! ! ! !

Hier muss der Autor leider die Beschreibung abbrechen und den durch das Jugendschutzgesetz behüteten jugendlichen Leser auffordern, die Funktionsweise der Superflashlightanlage von Opa Karl physikalisch zu erklären.

Tipp: Widerstand und Kondensator bilden zusammen einen Spannungsteiler.

Informiere Dich in Deinem Physikbuch über die Funktionsweise einer Gasentladungslampe, z.B. einer Glimmlampe.



LÖSUNG E 31

E 32 Das Fledermauspflückgerät

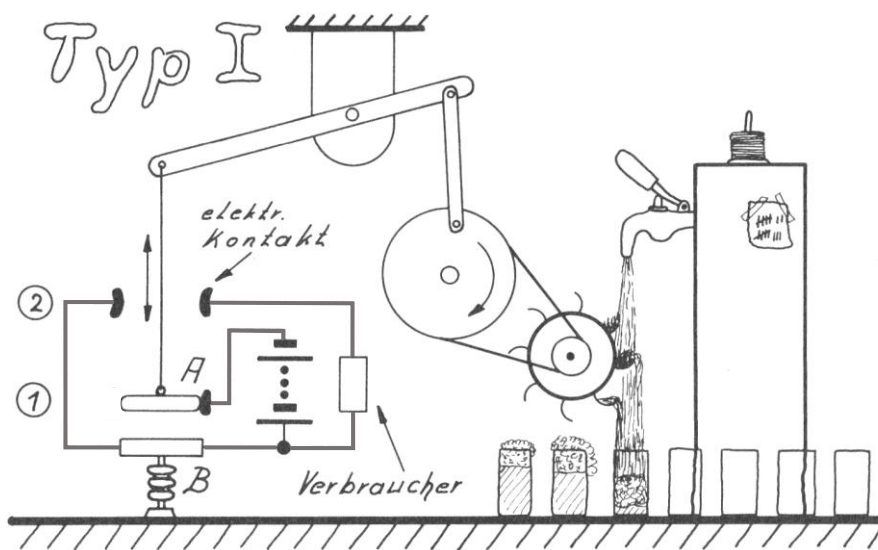
"Da laß' ich mir von keinem Moralapostel reinreden; denn was für den Homo sapiens das Huhn, ist für Felis domesticus die Fledermaus", denkt sich Irene Muckefuck und steigt - alle Gesetze des Tierschutzes missachtend - in die Tropfsteinhöhle von Bad Einstein ein. Mit ihrem Fledermauspflückgerät führt sie den winterschlafenden Mäuslein unchristlich ein Portiönchen Elektroenergie zu, so dass diese aus dem Stalaktitenhimmel in ihr Fangnetz stürzen.



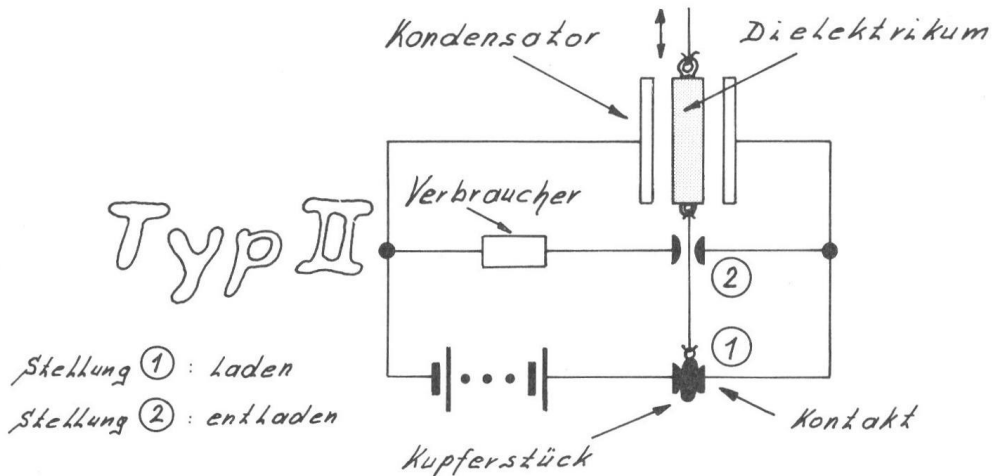
- Berechne die Kapazität einer Kondensatorreihe, wenn jeder der fünf Kondensatoren eine Kapazität von $10000 \mu\text{F}$ besitzt.
- Welche Ladung ist insgesamt im Fledermauspflückgerät von Irene gespeichert, wenn jede Kondensatorreihe mit einer Spannung von 220 V geladen wurde?

LÖSUNG E 32

E 33 Der kapazitive Generator



A = bewegliche Kondensatorplatte
 B = feststehende Kondensatorplatte



Opa Karl stürmt mit leuchtenden Augen in den "Flotten Hugo". "Leute, ich habe es geschafft!", verkündet er stolz seinen Freunden und stellt die beiden von ihm erfundenen kapazitiven Generatoren auf die Theke. "Dies sind natürlich nur Modelle, Jungs. An ihnen kann ich euch meine Toperfindung besser erklären.

Also, Typ I (siehe Skizze) wird von einem Wasserrad angetrieben. Hugo, dreh bitte den Bierhahn auf! Die Kondensatorplatte A wird somit durch das sich drehende Wasserrad laufend hoch und runter bewegt, während die Kondensatorplatte B feststeht. In Stellung 1 wird dem Kondensator durch die Spannungsquelle elektrische Energie zugeführt. Nachdem der Kondensator aufgeladen ist, wird die Platte A hochgezogen in die Stellung 2. Bei diesem Vorgang wächst die im Kondensator gespeicherte elektrische Energie, da gegen die elektrische Anziehungskraft der beiden Platten Arbeit verrichtet werden muss. In Stellung 2 entlädt sich somit der Kondensator über den Verbraucher mit einer größeren elektrischen Energie, als ihm in Stellung 1 zugeführt wurde, d.h., bei meinem kapazitiven Generator Typ I wurde mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt.

Beim kapazitiven Generator Typ II wird nach dem Aufladungsvorgang das Dielektrikum zwischen den Kondensatorplatten unter Arbeitsaufwand herausgezogen. Dadurch vergrößert sich ebenfalls die im Kondensator gespeicherte elektrische Energie, die in Stellung 2 dem Verbraucher zugeführt wird.

In praxi würde ich natürlich horizontal liegende Kondensatorplatten bei Typ II und vertikal stehende Kondensatorplatten bei Typ I verwenden, sodass keine unnötige Hubarbeit verrichtet werden muss." Die Freunde von Opa Karl sind tief beeindruckt, doch leider können sie seinen weiteren Ausführungen nicht mehr so recht folgen, da sie das viele Bier zügig trinken mussten, welches zum Antrieb der kapazitiven Generatoren benötigt wurde.

- Berechne die Spannung U_2 , die im Zustand 2 an den Kondensatorplatten des kapazitiven Generators Typ I anliegt.
 $U_1 = 100 \text{ V}$, $C_1 = 70 \text{ pF}$, $d_2 = 0,4 \text{ m}$, $A = 0,04 \text{ m}^2$, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/(Vm)}$
- Berechne mit $W = (C \cdot U^2)/2$ die Energie W , die der Kondensator des kapazitiven Generators Typ II durch das Herausziehen des Dielektrikums zusätzlich speichert.
 $U_1 = 100 \text{ V}$, $d = 2 \text{ cm}$, $A = 0,04 \text{ m}^2$, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/(Vm)}$, $\epsilon_r = 50$

LÖSUNG E 33

E 34 Münchhausenstory Nr. 34

"Ein dicker Lapsus! Die Energie W eines geladenen Kondensators berechnet sich wie $W = (C \cdot U^2)/2$, steht in meiner Elektronikfachzeitschrift. Dabei weiß doch schon jeder Schüler aus der Sekundarstufe I, dass aus $C = Q/U$ (Definitionsgleichung für die Kapazität) und aus $U = W/Q$ (Definitionsgleichung für die Spannung) die Gleichung $W = C \cdot U^2$ folgt und nicht $W = (C \cdot U^2)/2$. Dies kann ich beweisen:

$$C = Q/U \Rightarrow Q = C \cdot U \quad (1)$$

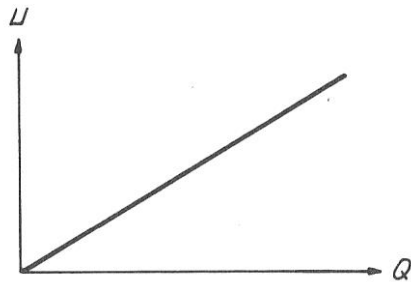
$$U = W/Q \Rightarrow W = U \cdot Q \quad (2)$$

$$(1) \text{ in } (2) \Rightarrow W = U \cdot C \cdot U \quad W = C \cdot U^2$$

Also: $W = C \cdot U^2$ ist richtig und $W = (C \cdot U^2)/2$ ist falsch!"

Münchhausen spinnt! Oder?

Tipp: Aufladen eines Kondensators, U-Q-Diagramm



[LÖSUNG E 34](#)

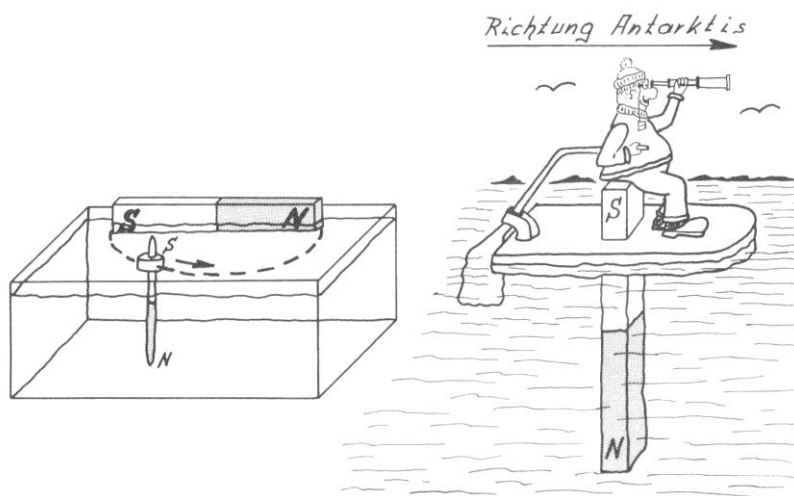
4.5 Ladung und magnetisches Feld

E 35 Münchhausenstory Nr. 35

"Aus dem Physikunterricht ist dir bestimmt folgender Versuch bekannt: Eine schwimmende, magnetisierte Stricknadel bewegt sich wie skizziert vom Südpol zum Nordpol des Stabmagneten. Steckt man die Stricknadel umgekehrt in den Korke (Nordpol nach oben), so bewegt sie sich vom Nordpol zum Südpol.

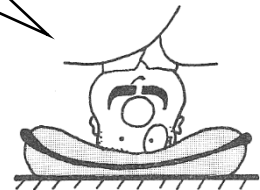
Aufgrund dieser unbestreitbaren physikalischen Tatsache baute ich mir ein Floß (siehe Skizze), mit dem ich jahrelang dank des starken erdmagnetischen Feldes auch ohne Motor zwischen der Arktis und Antarktis hin- und herschippern konnte.

Verstanden habe ich nur nie, warum immer der Südpol oben aus dem Floß heraussehen musste, wenn ich nach Süden fahren wollte."

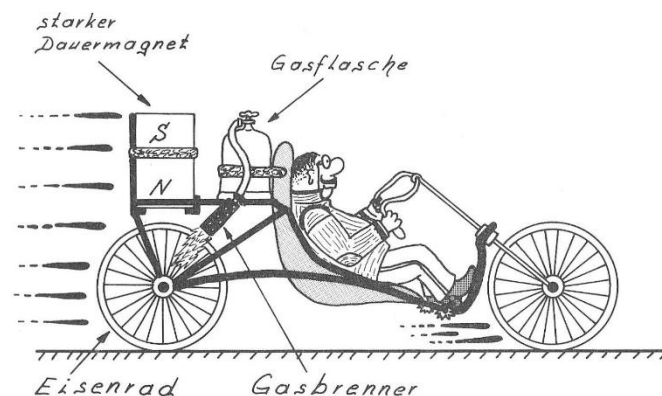


Münchhausen spinnt! Oder?

[LÖSUNG E 35](#)



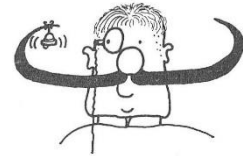
E 36 Münchhausenstory Nr. 36



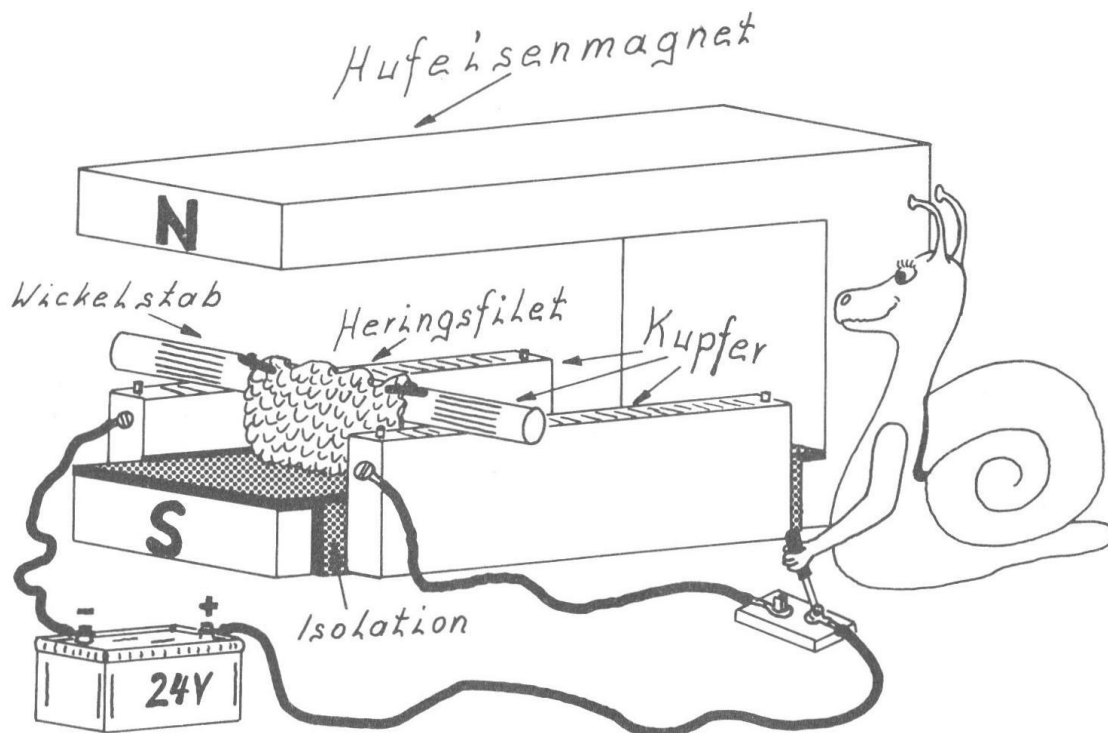
"Hä! Hä! Da staunten die Ottis (= Ottonormalverbraucher) aber nicht schlecht, als ich mit meinem magnetgetriebenen Fahrrad durch die Straßen von Bad Einstein düste. Dabei ist meine Erfindung ganz simpel: Mein superstarker Gasbrenner erhitzt wie skizziert einen Teil des Eisenrades bis zur Rotglut, sodass der Dauermagnet das Eisenrad im Uhrzeigersinn dreht."

Münchhausen spinnst! Oder?

[LÖSUNG E 36](#)



E 37 Die Rollmopswickelmaschine



Die Schnecke Max möchte groß ins Fischgeschäft einsteigen. Deshalb hat sie sich eine einfache Rollmopswickelmaschine gebaut (siehe Skizze).

- Leider ist Max beim Bau der Rollmopswickelmaschine ein Fehler unterlaufen. Wie könnte Max den Fehler beheben?
- Beschreibe die Funktionsweise der fehlerfreien Rollmopswickelmaschine.
- Würde die Rollmopswickelmaschine auch dann funktionieren, wenn Max statt der Kupferstange eine stabile, zylinderförmige Essiggurke verwenden würde?
- Wenn die Rollmopswickelmaschine tatsächlich mit einer zylinderförmigen Essiggurke funktionieren würde, dann könnte Max rein theoretisch sogar auf die Batterie verzichten. Welche Veränderungen müsste er jedoch an der Rollmopswickelmaschine vornehmen?

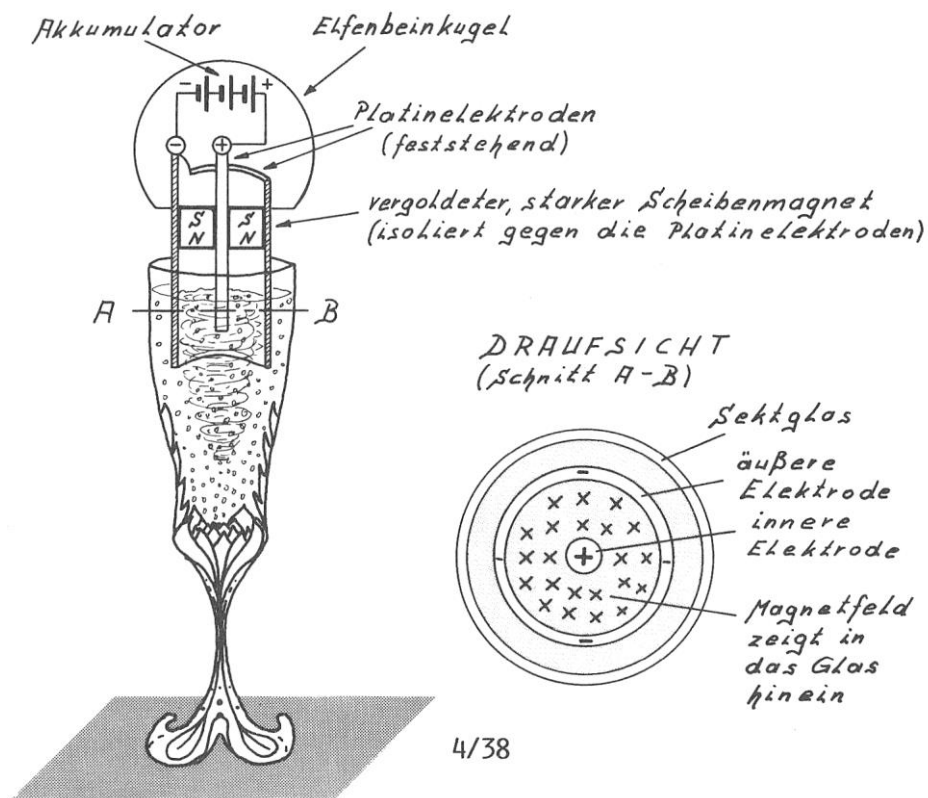
[LÖSUNG E 37](#)

E 38 Der Champagnerquirl

Baron Münchhausen: "Diese ewige Champagnerschlüpferei auf den unzähligen Galaempfangen war für meine hochadlige Magenschleimhaut eine echte Strapaze. Tausende von CO₂-Bläschen boxten mich jährlich in dieses sensible Organ. Doch damit ist jetzt Schluss!

Mein neuer Champagnerquirl (siehe Skizze) wirbelt den Champagner im Glas herum, sodass die CO₂-Bläschen entweichen. Das Tolle dabei ist, dass der Quirl sich hierbei überhaupt nicht bewegt. Nur der Champagner rotiert im Glas, sobald ich die Platinelektroden eintauche. Während die Sektrührstäbchen der Ottis meist ein unsittliches Klimpfern verursachen, arbeitet mein Champagnerquirl völlig geräuschlos, wie KNIGGE es halt fordert."

- Wie funktioniert der Champagnerquirl?
- Rotiert der Champagner im oder gegen den Uhrzeigersinn, wenn man von oben ins Glas schaut?



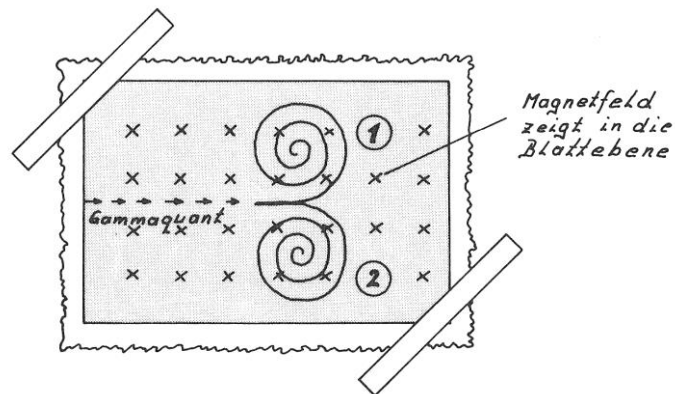
LÖSUNG E 38

E 39 Das Elementarteilchenaquarium

"Ich wäre kein echter Hochadel-Snob, wenn ich mich ähnlich wie die Ottis (= Ottonormalverbraucher) mit einem pupsnormalen Aquarium zufriedengeben würde. Nein! Nein! In meinem "Elementarteilchenaquarium" (= Nebelkammer) tummeln sich die verrücktesten Teilchen im übersättigten Alkohol-Wasser-Dampf", erzählt Baron Münchhausen seinen Gästen, die staunend das beruhigende, immer neue Spiel der Nebelspuren und -wölkchen betrachten.

Manchmal schaltet Baron Münchhausen auch den Spulenstrom ein, sodass die Nebelkammer von einem starken magnetischen Feld durchsetzt wird. Dadurch krümmen sich die Nebelspuren der

geladenen Teilchen. Hiervon macht Münchhausen viele Fotos. Das schönste Foto (siehe Skizze) zeigt den Zerfall eines Gammaquants in ein Elektron (negative Elementarladung) und ein Positron (positive Elementarladung).



- Welches der beiden Teilchen ist das Elektron, welches das Positron?
- Erkläre, warum sich Elektron und Positron auf Spiralbahnen und nicht auf Kreisbahnen bewegen?

LÖSUNG E 39

E 40 Energiemopser

Oberförster Hubertus Blattschuss hat es auch im Winter auf seinem Hochsitz am Rande des Tannenforstes immer schön warm. Da er infolge der Waldschäden durch den Sauren Regen den Elektrizitätswerken nicht gut gesonnen ist, heizt er elektrisch. Kostenlos, versteht sich!

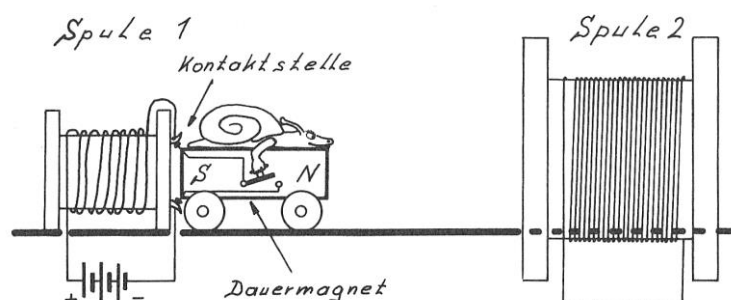
Gut getarnt hat er in der Nähe der Hochspannungsleitung, die sich durch eine Waldschneise zieht, um mehrere Bäume herum eine große Spule aus grün isoliertem Draht gewickelt und die Drahtenden mit seinem elektrischen Heizöfchen verbunden.

"Höhö! Es ist schon gut, wenn man das Induktionsgesetz kennt", lacht Hubertus und reibt sich auf seinem mollig warmen Hochstand die Hände.

Wie lautet das Induktionsgesetz in Worten?

LÖSUNG E 40

E 41 Magnetoisch Nr. 1



Das superschnelle Magnetauto von Schnecke Max, die hohe Geschwindigkeiten über alles liebt, wird elektromagnetisch gestartet und elektromagnetisch wieder abgebremst.

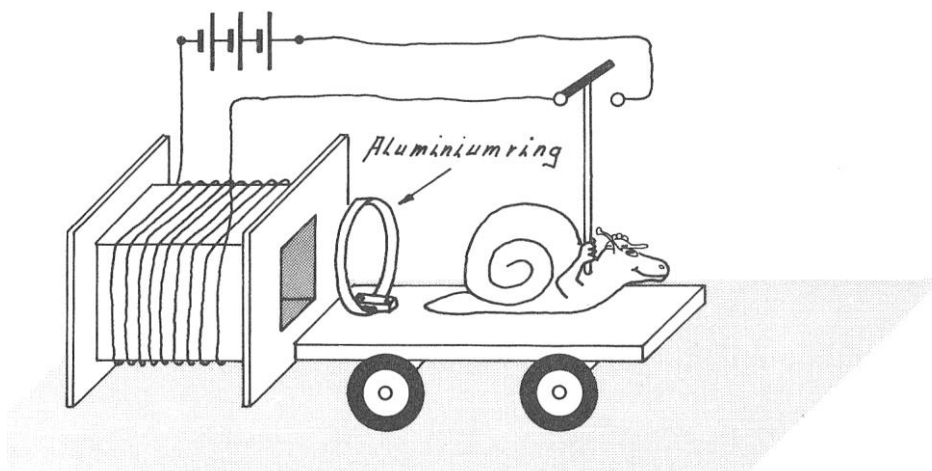
- Prüfe, ob der Wicklungssinn der Spule 1 stimmt. D.h., an ihrem rechten Ende muss ein magnetischer Südpol entstehen, wenn Max den Schalter schließt.
- Das Magnetauto von Max wird abgebremst, wenn es die kurzgeschlossene Spule 2 durchfährt. Erkläre diesen Vorgang mit dem Induktionsgesetz, der Lenzschen Regel und dem Energieerhaltungssatz.

LÖSUNG E 41

E 42 Magnetoisch Nr. 2

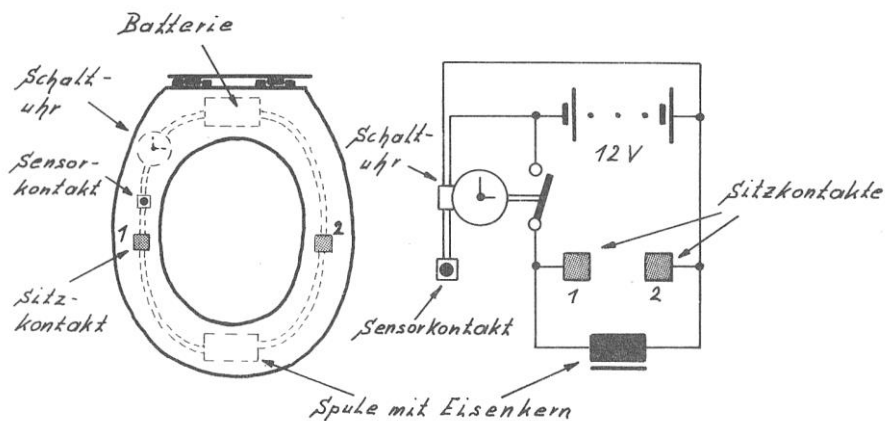
Das neue Magnetoisch besteht aus einem Holzbrett mit Rädern und einem Aluminiumring. Wenn Max den Schalter schließt, wird das Magnetoisch nach rechts katapultiert, obwohl Aluminium gar kein ferromagnetischer Stoff ist.

Erkläre diesen Vorgang.



LÖSUNG E 42

E 43 Die Schockerbrille



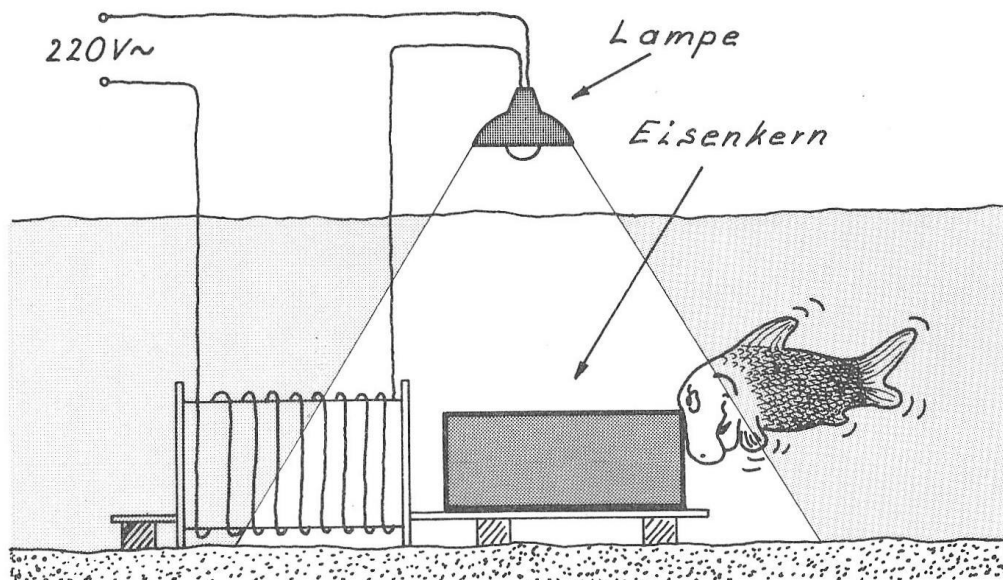
"Hier fand ein Genie Ruhe und Frieden", stand früher auf so manchem Plumpsklo, da er in der Tat, abseits der lärmenden Alltagshektik, ein ausgezeichneter Ort der Besinnung war. Doch damit ist es nun leider vorbei; denn der Siegeszug der Technik hat auch vor den Toilettenhäuschen von Bad Einstein nicht haltgemacht. Die Klofrauen wurden durch Münzautomaten wegrationalisiert und die neuen elektronischen Klobrillen wippen nach dem Motto "Zeit ist Geld!" Dauerhocker nach 10 Minuten von der Brille.

Setzt sich das ruhebedürftige Genie auf die Brille (siehe Skizze), so berührt es den Sensorkontakt, und der Stromkreis wird über eine elektrische Schaltuhr für 10 Minuten geschlossen, sodass ein Strom durch die Spule fließt. Die Spannung zwischen dem Sitzkontakt Nr. 1 und Nr. 2 wird vom Po des ruhebedürftigen Genies nicht bemerkt, da sie nur 12 V beträgt. Nach 10 Minuten öffnet die Schaltuhr den Stromkreis erbarmungslos und unser ruhebedürftiges Genie springt wie vom Blitz getroffen von der Brille.

Erkläre, ob diese dynamische Verhaltensänderung physikalisch gerechtfertigt ist.

LÖSUNG E 43

E 44 Der Unterwasserdimmer



Damit Kurti Klunker, der Goldfisch von Baron Münchhausen, auch unter Wasser gefahrlos die Aquariumbeleuchtung regulieren kann, hat er sich folgende Unterwasserdimmer gebaut: Wenn der Eisenkern ganz in der Spule steckt, dann leuchtet die Glühlampe nicht. Je mehr Kurti aber den Eisenkern aus der Spule herauszieht, desto stärker leuchtet die an 220 V Wechselspannung angeschlossene Lampe.

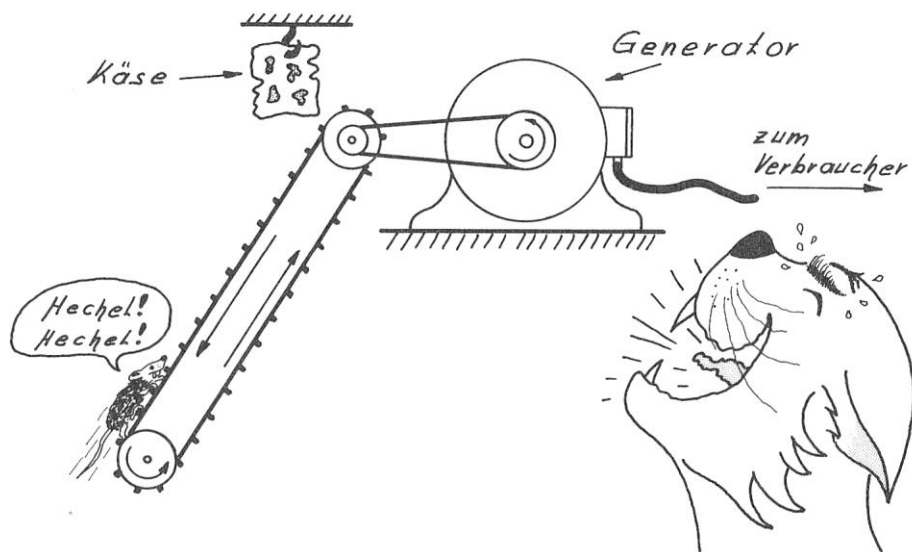
Erkläre die Funktionsweise des Unterwasserdimmers.

Gefahrenhinweis: 220 V Wechselspannung ist eine lebensgefährliche Spannung! Deshalb darfst Du den Unterwasserdimmer von Kurti niemals nachbauen; denn sonst liegst Du plötzlich mit deinen süßen Fischen tot im Aquarium.

LÖSUNG E 44

E 45 Dumme Maus

"Mein Gott, was sind die Mäuse blöd!" Irene macht sich fast nass vor Lachen, während die käsesüchtigen Mäuse wie die Wilden den kleinen Generator von Irene antreiben.

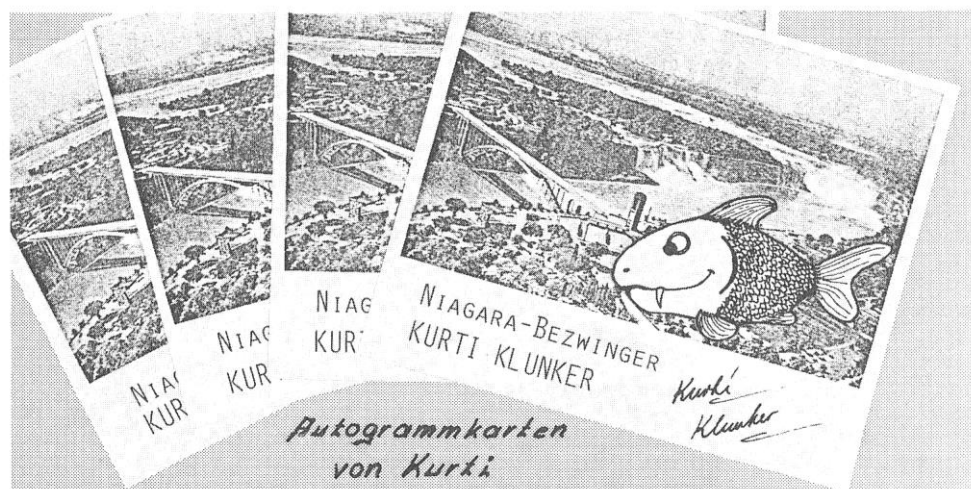


- Erkläre die Funktionsweise eines Wechselspannungs- und eines Gleichspannungsgenerators.
- Was versteht man unter "Selbsterregung"?
- Erkläre den Unterschied zwischen einem Haupt- und einem Nebenschlussgenerator.

LÖSUNG E 45

E 46 Der Niagara-Klunker

Kurti Klunker, der Goldfisch von Baron Münchhausen, hat sich vorgenommen, unter dem Stichwort "Niagara - Klunker" in das Guinnessbuch der Rekorde einzugehen. Selbstverständlich will er sich nicht wie die bisherigen Deppen einfach in einem Fass oder einer Tonne den Niagara-fall runterplumpsen lassen. Nein! Kurti will den Niagarafall hinaufschwimmen!

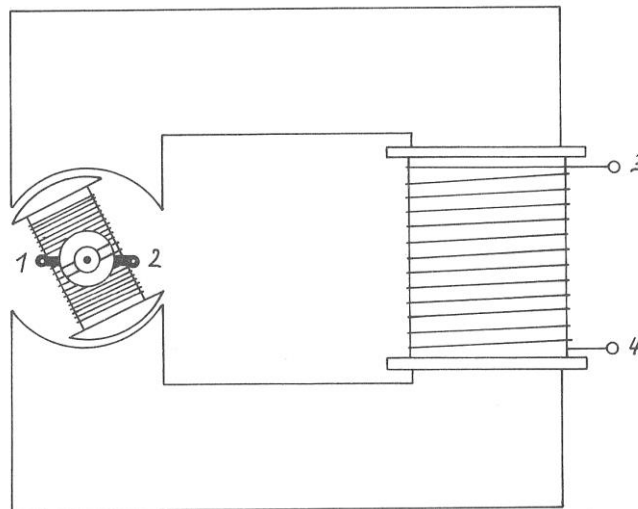


Täglich trainiert er hart unter der Anleitung eines amerikanischen Lachses (*Oncorhynchus*) an einem künstlichen Wasserfall. Ein nicht billiges Vergnügen; denn neben dem Trainergehalt von 5000,- DM

muss Kurti auch noch die Stromrechnung (1 kWh kostet 0,20 DM) bezahlen. Täglich trainiert Kurti 8 Stunden und die Wasserpumpe des künstlichen Niagarafalles pumpt stündlich 64 m^3 Wasser (rechne mit $V = 1 \text{ Liter} \triangleq F_G = 10 \text{ N}$) 20 m hoch. Die Pumpe wird von einem Hauptschlusmotor ($U = 220 \text{ V}$) angetrieben. Pumpe und Motor haben zusammen einen Wirkungsgrad von 0,7.

- Berechne die entstehenden Stromkosten für einen Monat (= 30 Tage).
- Wie groß ist der Strom, der durch den Motor fließt?

Die folgende Skizze zeigt das Modell eines Hauptschlusmotors. Wie müssen die Anschlussklemmen miteinander verbunden werden? Wo wird die Spannungsquelle angeschlossen? Kann der skizzierte Hauptschlusmotor auch mit Wechselstrom betrieben werden



LÖSUNG E 46

E 47 Eine U-Bahn für Bad Einstein

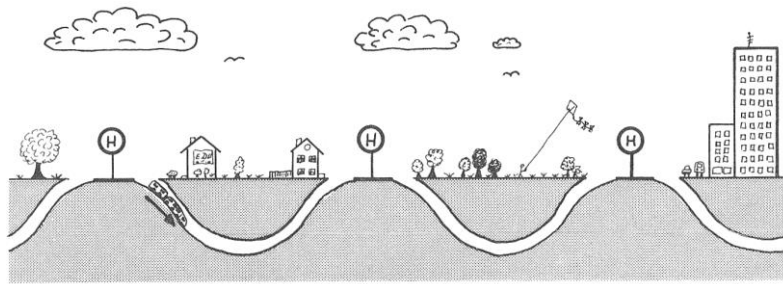
Damit die umweltbewussten Bürger von Bad Einstein ihre Autos in der Garage stehen lassen können, plant die Stadt den Bau einer Untergrundbahn. Über den vorliegenden Plan (siehe Skizze a) wird auch im Naturschutzverein "Oh, Heidehöschen" angeregt diskutiert.

Opa Karl ist von dem Plan begeistert: "Ich erinnere mich noch genau an die Zeit der alten Dampflokomotiven. Beim Bremsen wurde die ganze kinetische Energie in innere Energie umgewandelt, und futsch war die nutzbare Energie. Aber bei diesem genialen Plan erfolgt die Abbremsung des Zuges durch die Umwandlung der kinetischen Energie E_k in potentielle Energie E_p . E_p erreicht an den Haltestellen ihr Maximum und kann bei der Talfahrt wieder in E_k umgewandelt werden. $E_p \rightarrow E_k \rightarrow E_p \rightarrow E_k \rightarrow E_p \rightarrow E_k \dots$! Nur die Energieverluste infolge von Luft- und Rollreibung müssen vom Antriebsmotor noch ausgeglichen werden. Genial!"

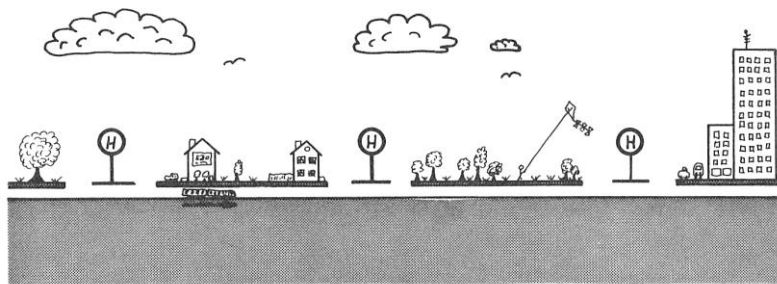
"Naja, ob diese tägliche Achterbahnfahrt den Leuten auf die Dauer Spaß macht, möchte ich bezweifeln," wirft Kommissar Kurzschluss ein. "Und dann denk mal an die enormen Baukosten, lieber Karl. Also, ich meine, auch bei horizontaler Schienenführung (siehe Skizze b) kann man den Zug energetisch sinnvoll abbremsen, z.B. durch eine Umwandlung von kinetischer Energie in elektrische Energie, die dann wieder in kinetische Energie umgewandelt werden kann."

Wie lässt sich eine solche Energieumwandlung technisch verwirklichen?

a) Bauplan der Stadt für eine umweltfreundliche U-Bahn



b) Bauplan von Kommissar Kurzschluss für eine umweltfreundliche U-Bahn

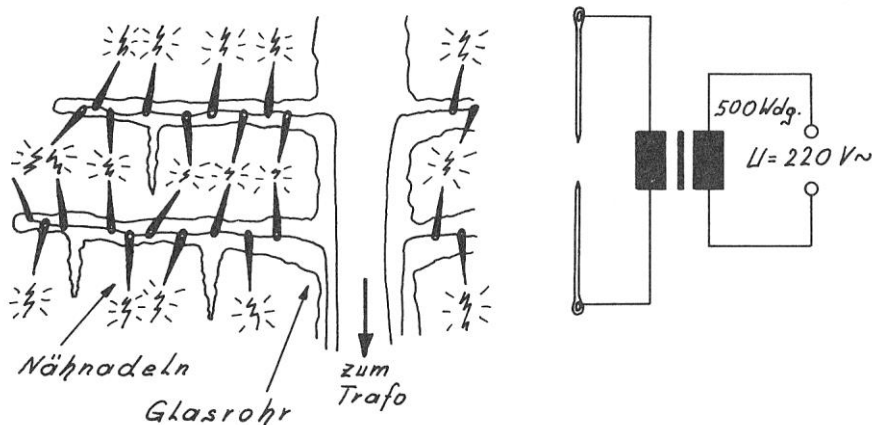


LÖSUNG E 47

E 48 Der gläserne Weihnachtsbaum

Um den vom Sauren Regen geplagten Nadelwald von Bad Einstein zu schonen, hat Opa Karl sich aus Glasröhrchen einen wunderschönen Weihnachtsbaum zusammengesmolzen. Der ganze Baum funkelt und glitzert wie edles Kristall, und gläserne Eiszapfen hängen von den gläsernen Ästen herunter. Hunderte von Nähnadeln schimmern metallisch kühl und geben dem Gefühl Nahrung, als wäre dieser Baum aus einer märchenhaften Eiswelt zu uns gekommen.

Die Bewunderung, die die Betrachter diesem zarten, zerbrechlichen Kunstwerk entgegenbringen, verwandelt sich jedoch in freudige Ehrfurcht, wenn Opa Karl Hochspannung an die stählernen Nadeln anlegt. Kleine elektrische Blitze springen knisternd und hellleuchtend zwischen den gläsernen Ästen hin und her und erzeugen ein Licht, als würde einem das Christkind selbst erscheinen.



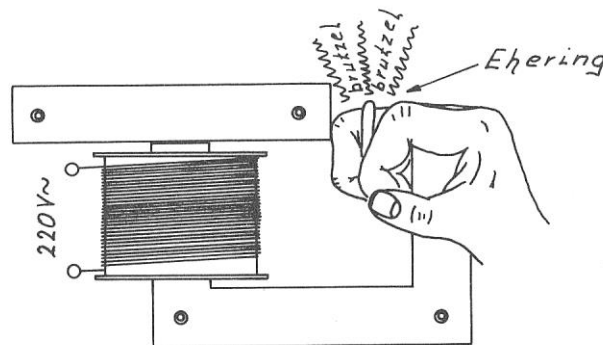
- a) Damit zwischen den Nadelspitzen ein elektrischer Funke überspringen kann, muss an sie eine Spannung von 20 kV angelegt werden. Da die Netzspannung aber nur 220 V beträgt, hat Opa Karl einen Transformator zwischengeschaltet. Berechne die Windungszahl der Sekundärspule, wenn die Primärspule 500 Windungen hat.
- b) Während des Betriebes fließt in der Primärspule ein Strom von 15 A. Wie groß ist der Strom in der Sekundärspule?

LÖSUNG E 48

E 49 Heiße Liebe

"Oje, Oje! Hätte ich doch bloß nicht geheiratet!", jammert Opa Karl und hält sich seinen angebratenen Ringfinger fest! Den halbfertigen Transformator für den gläsernen Weihnachtsbaum, dessen Primärspule unvorsichtigerweise schon an 220 V angeschlossen war, hatte Opa Karl etwas ungeschickt angefasst. Und schon floss durch seinen Ehering bei einer Sekundärspannung von 2 V ein Strom von 300 A. Knusper! Knusper!

Berechne den Strom in der Primärspule. Berücksichtige hierbei, dass dieser ungewöhnliche Transformator nur einen Wirkungsgrad von 30% hatte.



LÖSUNG E 49

E 50 Lange Leitung

"Diese Hochspannungsleitungen verschandeln die ganze Landschaft!", motzt Baron Münchhausen, als er auf dem Aussichtsturm seines Schlosses steht. "Am besten würden die Kraftwerke ihre elektrische Energie über unterirdische Kabel direkt mit einer Spannung von 220 V übertragen. Dies ist nicht nur optisch schöner, sondern auch viel preisgünstiger, da man so auf die ganzen kostspieligen Transformatoren verzichten könnte."

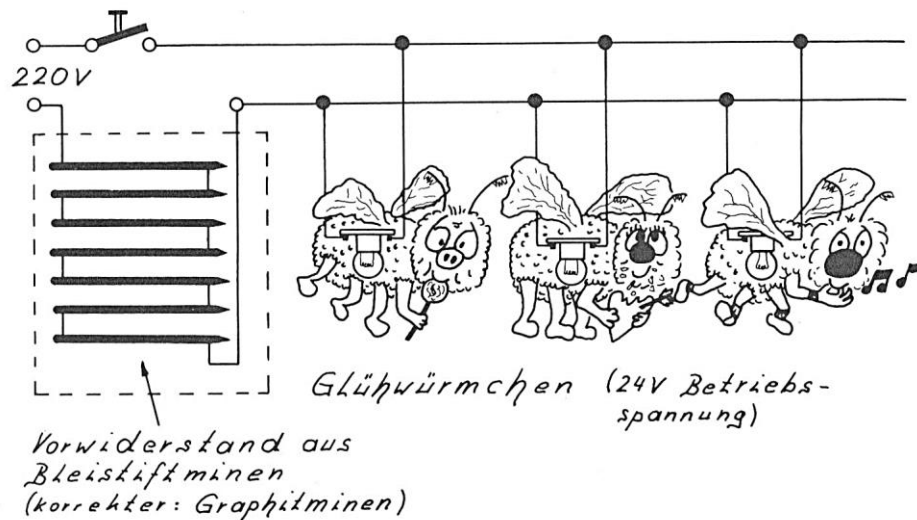
Hier irrt Münchhausen; denn nur mittels Hochspannung lässt sich elektrische Energie wirtschaftlich über weite Strecken übertragen. Dies kann man leicht durch eine Rechnung zeigen.

Es soll z.B. eine Leistung von 500 MW (mittleres Kraftwerk) übertragen werden. Der Widerstand der Fernleitung beträgt 5Ω . Berechne die Übertragungsverluste infolge der Wärmeleistung P_w des elektrischen Stromes für eine Spannung von 380 kV und für eine Spannung von 220 V.

LÖSUNG E 50

4.6 Halbleiter

E 51 Die Glühwürmchen-Nova



Junge, Junge war das eine Pleite! Alle 648 handgefertigten Glühwürmchen waren wie eine Supernova immer heller geworden und dann, Pitsch!, Pitsch!, unter dem "Aaah!" und "Oooh!" der Gäste durchgebrannt. Danach fand im Kurpark "Marie Curie" das Sommerfest des Naturschutzvereins "Oh, Heidehöschen" im Dunkeln statt.

Was war passiert? Hugo Hastig sollte, als Beitrag zu diesem Sommerfest, für die aus 648 elektrischen Glühwürmchen bestehende Lichterkette den Vorwiderstand basteln. "Ha!", dachte Hugo, "lieber heimlich schlau, als unheimlich doof! Ich fertige den Vorwiderstand nicht aus popeligem Eisendraht, sondern ganz unkonventionell aus Bleistiftminen (hochkohlenstoffhaltiger Graphit); denn Graphit hat einen höheren spezifischen Widerstand als Eisen."

Da hat er Recht, der Hugo. Doch leider hat er vergessen, dass Kohlenstoff ein Halbleiter ist. Und da sein selbstgefertigter Widerstand infolge des großen Stromflusses sehr schnell sehr heiß wurde, hatten die Glühwürmchen keine Überlebenschance. Pitsch! Pitsch!

Erkläre mittels des Teilchenmodells, warum die Glühwürmchen bei Hugos Vorwiderstand durchgebrannt sind, sie aber bei einem Widerstand aus Eisendraht problemlos überlebt hätten, auch wenn der Eisendraht etwas heiß geworden wäre.

LÖSUNG E 51

E 52 Das Elektro drama

Oma Bertha Krawuttke schreibt sehr gerne herzerreißende Liebesdramen. Auch heute greift sie wieder in die Tastatur ihres Personalcomputers und lässt den Cursor über den hochauflösenden Monitor sausen:

"Es war einmal ein süßes kleines Defektelektron, das lebte zufrieden in einer eiskalten Leuchtdiode. Doch leider hatte es einen gewaltigen Elektrakomplex, da es locker an sein Mutterfremdatom gebunden war. Als es jedoch Frühling wurde und die Temperaturen stiegen, gab sich das herzlose,

aber temperamentvolle Mutterfremdatom ganz den thermischen Schwingungen hin, sodass das kleine Defektelektron die Mutterbindung verlor und einsam durch den p-dotierten Kristall irrte.

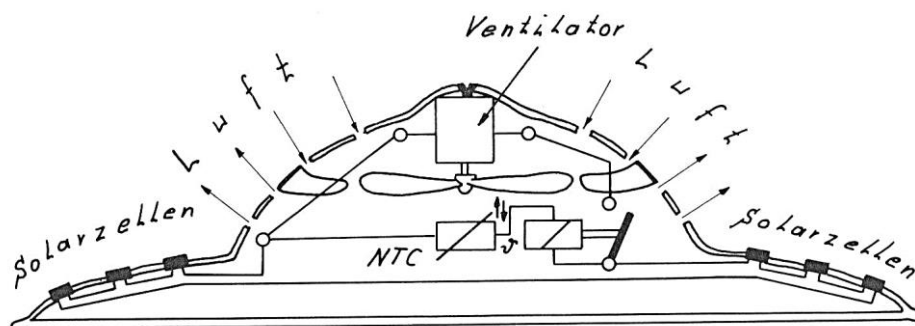
Nach einiger Zeit traf es jedoch ein anderes süßes kleines Defektelektron. Dieses erzählte ihm ungehemmt, dass es das höchste Glück sei, wenn man sich mit einem sympathischen, freien Leitungselektron unter Energieabgabe strahlend in der Grenzschicht der Leuchtdiode vereinigen könnte. So machten sich beide auf, um sich ein sympathisches Leitungselektron zu suchen. Schon bald erreichten sie das Ende der p-dotierten Kristallwelt und sahen sich vielen sympathischen Elektronen aus einer n-dotierten Kristallwelt gegenüber. Doch voller Verzweiflung mussten sie feststellen, dass sie von ihnen durch eine unüberwindbare Grenzschicht getrennt waren. Das Herz drohte ihnen zu brechen,

Für einen physikalisch ungebildeten Leser, wie z.B. Deddi Depp, ist das Liebesdrama von Oma Bertha nur halb so schön, da er den tieferen Sinn ja gar nicht versteht.

- a) Erkläre Du ihm, was man unter "n-dotiert" und "p-dotiert" versteht.
- b) Erkläre Deddi Depp was eine Grenzschicht ist.
- c) Verrate ihm letztlich, unter welchen Umständen das Liebesdrama noch ein strahlendes Happy-End bekommen kann.

LÖSUNG E 52

E 53 Subtropenhoch und Sonnenstich

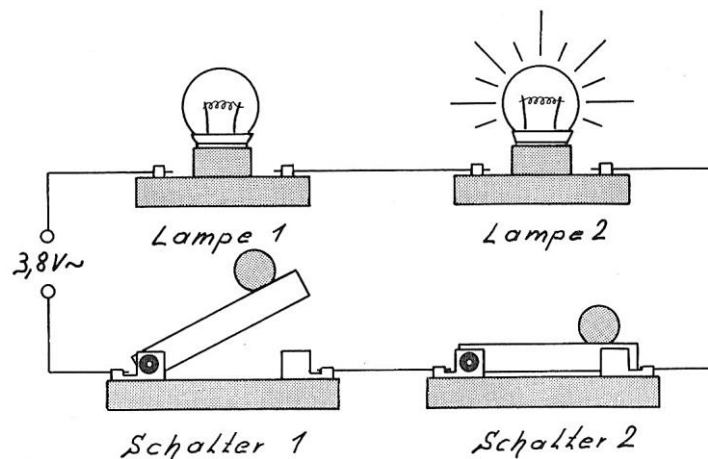


"Mensch, Leute! So eine Sahara-Kreuztour im Januar ist schon große Klasse. Nachts vorm Zelt liegen und ehrfürchtig sich diesen wahnsinnig klaren Sternenhimmel ("Danke schön, Subtropenhoch!") anzusehen oder sich tagsüber, selbst kerngesund, über das Gejammere der bekloppten Abenteuer-schickeriatouristen aufzuregen: "Ich habe Ohrensausen!" "Mir ist schwindelig!" "Ich habe Kopfschmerzen!" Tja Leute, ein typischer Fall von Sonnenstich. Kann mir nicht passieren. I, wo! Denn ich trage ja den elektromechanischen Tropenhelm, Marke Münchhausen."

Erkläre die Funktionsweise des elektromechanischen Tropenhelmes und erläutere insbesondere die Wirkungsweise der Solarzellen (Photodiode) mittels des Teilchenmodells.

LÖSUNG E 53

E 54 Der geplatzte Bluff



Münchhausen ist von den Socken! Kommissar Kurzschluss hat ihn vor allen Kneipengästen im "Flotten Hugo" als Lügenbaron überführt, sodass Münchhausen die nächste Runde zahlen muss. Dabei war seine Trickschaltung (siehe Skizze) doch einfach genial. Mit ihr hatte er alle Kneipengäste bis auf Kommissar Kurzschluss davon überzeugen können, dass auch in einem nicht geschlossenen Stromkreis ein Strom fließen kann.

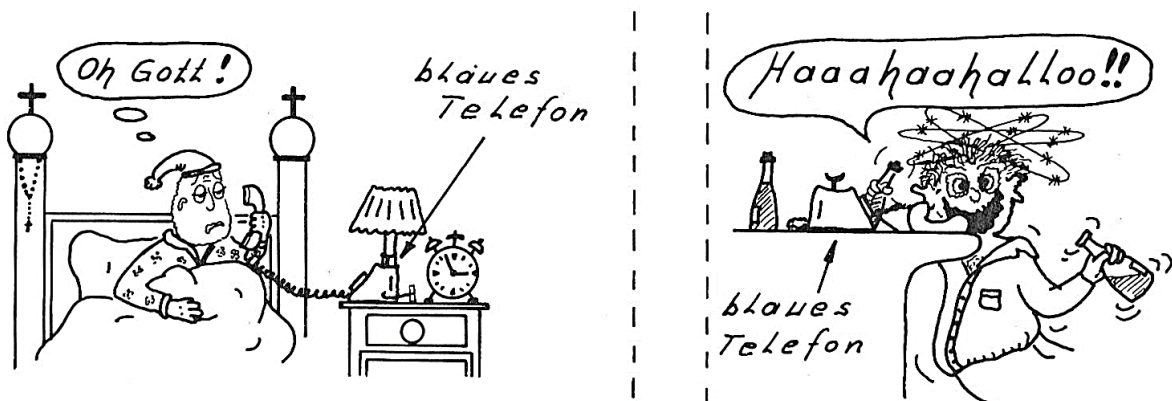
Schluss Baron Münchhausen z.B. den Schalter Nr.2, so leuchtete die Lampe 2, obwohl der Schalter 1 geöffnet blieb. Umgekehrt leuchtete die Lampe 1, wenn Schalter 1 geschlossen wurde und Schalter 2 offen blieb. Natürlich leuchteten beide Lampen, wenn beide Schalter geschlossen wurden.

Kommissar Kurzschluss durchschaute diese Schummelei jedoch sofort; denn sein kriminalistischer Instinkt sagte ihm intuitiv, dass zu jeder Lampe und zu jedem Schalter eine Halbleiterdiode parallelgeschaltet sein müsste. Eine Zerlegung der Geräte bestätigte seine Vermutung: In jeder Lampenfassung und in jedem Schaltergehäuse war eine Halbleiterdiode versteckt.

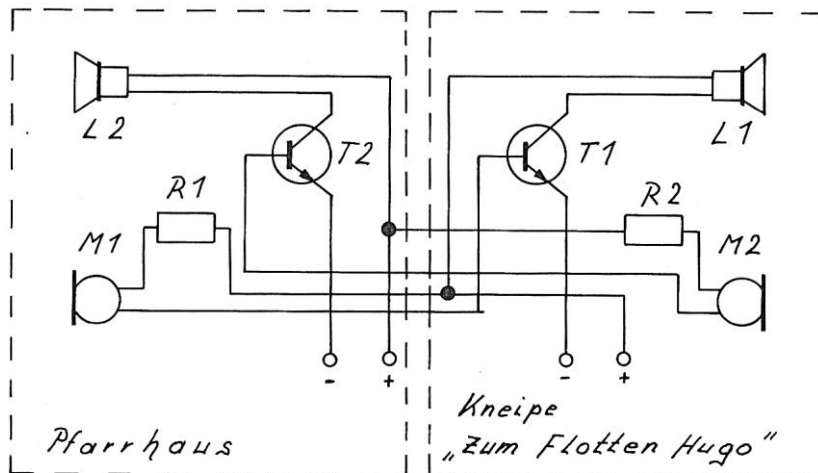
Wie müssen die 4 Halbleiterdioden in den oben skizzierten Stromkreis eingelötet werden, damit die Trickschaltung von Münchhausen bei Anschluss an eine Wechselspannung funktioniert? Entwerfe ein Schaltbild und erkläre, wie die Schaltung funktioniert.

LÖSUNG E 54

E 55 Das blaue Telefon



Schaltplan „Blaves Telefon“

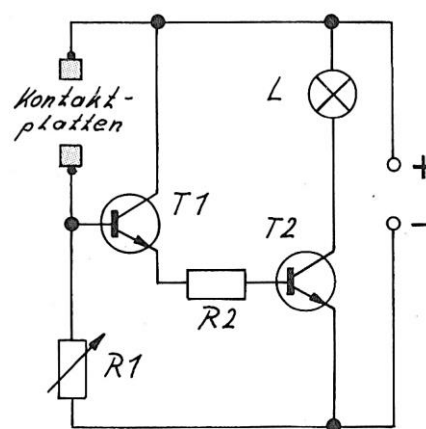
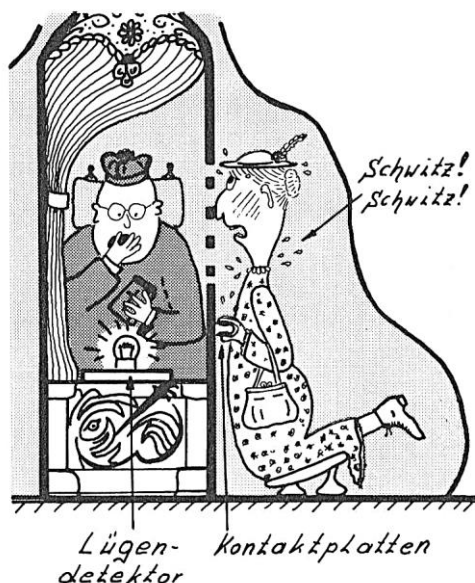


Abend für Abend ist die Kneipe "Zum Flotten Hugo" rappellvoll. "Warum nur?", fragt sich verzweifelt die Konkurrenz. Nun, Kneipenwirt Hugo Hastig hat mehrere Semester Psychologie an der Uni studiert und wäre fast, wie viele anständige Psychotherapeuten, der Akademikerarbeitslosigkeit zum Opfer gefallen. Doch Hugo erkannte frühzeitig: Ein überzeugter Psychotherapeut mit Verantwortungsgefühl gehört hinter die Theke! Denn nur hier kann er in entspannter Atmosphäre Breitenwirkung erzielen und jedem Problembeladenen mit Rat, Tat und Bierchen zur Seite stehen. Nur die ganz schweren Fälle, so ab 3,5 Promille, tritt er Pfarrer Eligius Rosenfranz ab. Dazu dient das blaue Telefon auf seiner Theke, welches direkt mit dem Pfarrhaus verbunden ist.

- In die blauen Telefone sind npn-Transistoren eingebaut. Erkläre anhand des Teilchenmodells die Funktionsweise eines solchen npn-Transistors.
- Erläutere die zum "Blauen Telefon" gehörende Schaltskizze.

[LÖSUNG E 55](#)

E 56 Der elektronische Beichtstuhl



Schaltplan zum Lügendetektor (Darlingtonschaltung)

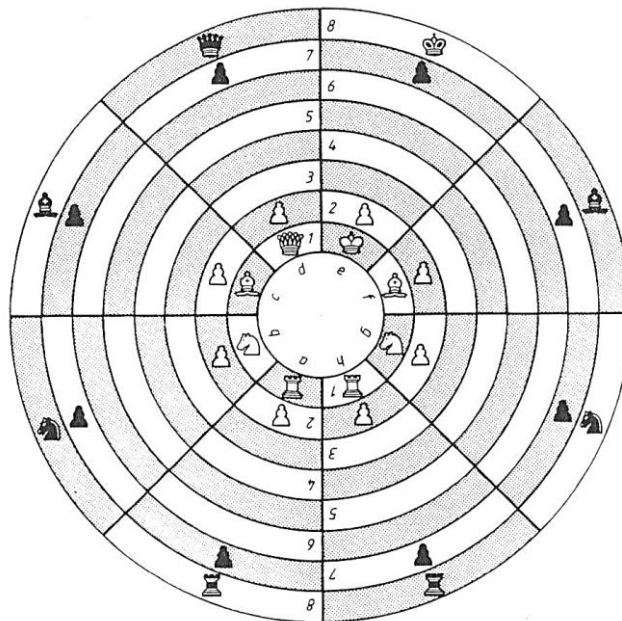
Bis zum Einzug der Elektronik in seine Kirche St. Albert war Pfarrer Eligius Rosenfranz ein gutgläubiger Mensch. Doch seitdem er heimlich in seinen Beichtstuhl einen Lügendetektor integriert hat, hat er den Glauben an einige Gemeindeglieder verloren.

Der Beichtstuhl ist so gebaut, dass der Beichtende sich mit seinen Handflächen an den beiden Kontaktplatten (siehe Skizze) abstützen muss. Fängt der beichtende Sünder nun an zu schwindeln, so wird es ihm beim Belügen der kirchlichen Autorität Eligius Rosenfranz natürlich ganz schön mulmig und er beginnt zu schwitzen, aus lauter Angst ertappt zu werden. Sofort leuchtet das Lämpchen auf und Eligius weiß, dass er dem Sünder nun etwas stärker auf den Zahn fühlen muss.

Erkläre anhand der Schaltskizze die Wirkungsweise des Lügendetektors.

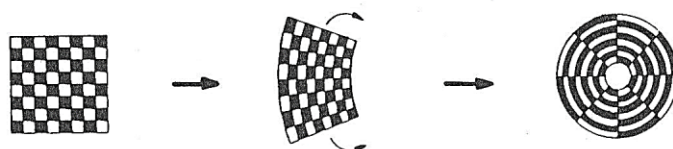
LÖSUNG E 56

E 57 Endlich geht's rund



Nun hat Opa Karl Krawuttke aber endgültig die Nase voll. Diese dauernden Remis bei den Schachweltmeisterschaften öden ihn an. "Da ist doch kein Pfeffer mehr drin! Kurz oder lang stirbt das Spiel den Remitod! Da muss ein innovativer Geistesblitz her", denkt sich Opa Karl und schaltet voll auf kreativ um.

Und plötzlich ist sie da, die Superidee: Ein Schachspiel ohne Ecken! Endlich! Endlich geht 's rund! Opa Karl verändert ein normales Spielfeld so, dass sich ein Kreisring ergibt.

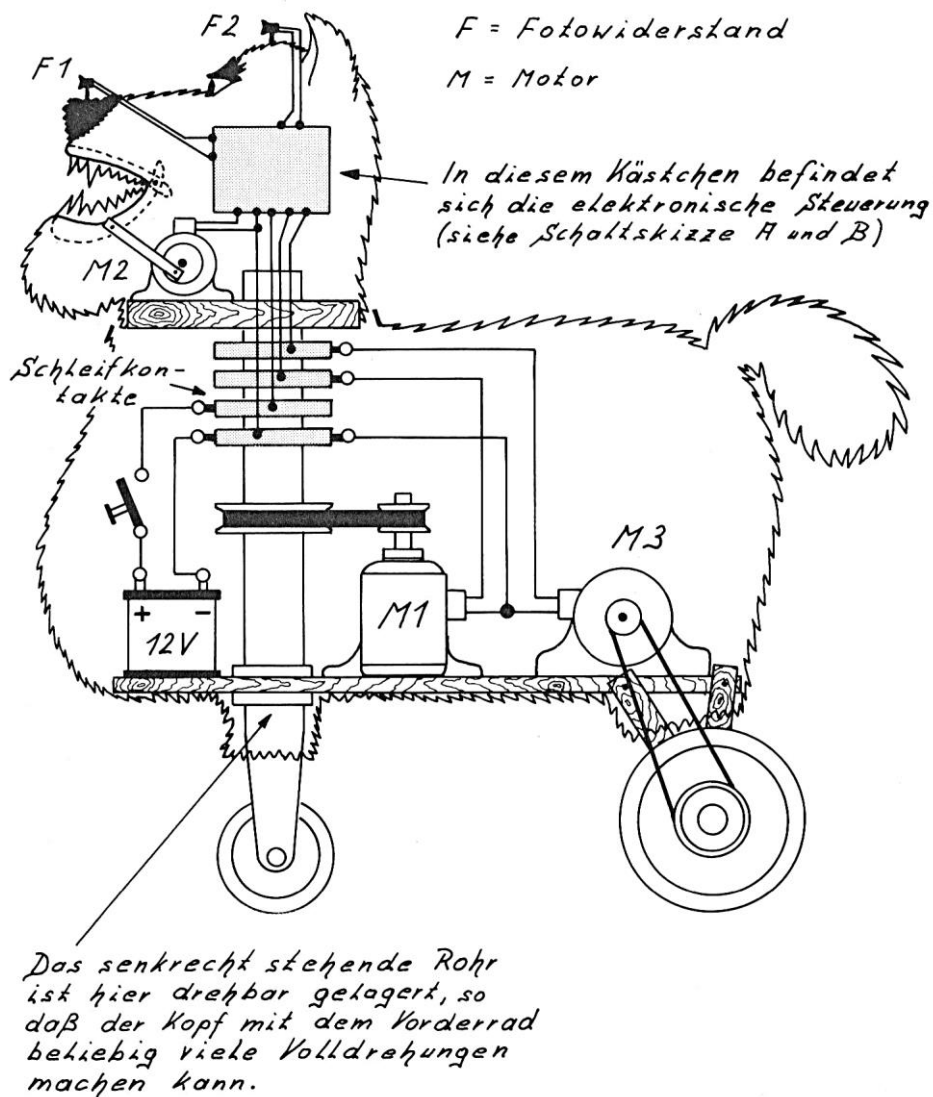


Circular - Schach

Mit diesem Trick beseitigt er die links- und rechtsseitige Spielfeldbegrenzung, wodurch die Schlagkraft der Figuren deutlich erhöht wird. Klare Sache, das neue Circularschachspiel ist wesentlich dynamischer als das alte Schach, obwohl die Spielregeln die gleichen bleiben.

Opa Karl ist überglücklich! Doch bevor diese Wahnsinnsidee patentiert ist, muss sie sicher behütet werden. Aus diesem Grund lässt Opa Karl nachts sein Haus von seinem elektronischen Wachhund Zerberus bewachen.

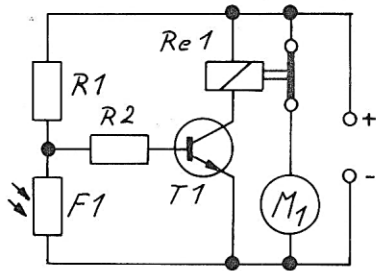
Wachhund „Zerberus“



Erkläre anhand der Schaltskizze die Funktionsweise des elektronischen Wachhundes. Die beiden Fotowiderstände sind im Infrarotbereich empfindlich. D.h., wenn Wärmestrahlung - z.B. von einem Einbrecher mit 41 °C Fieber - auf sie trifft, so wird ihr elektrischer Widerstand deutlich kleiner. Wenn keine Wärmestrahlung auf die beiden Fotowiderstände trifft, gilt $R_{F1} \gg R_{R1}$ und $R_{F2} \gg R_{R4}$ *

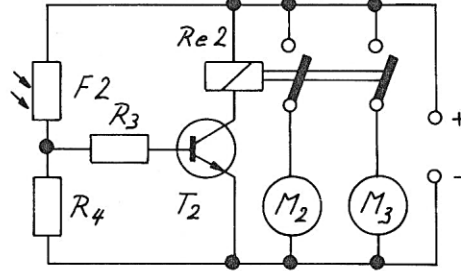
Elektronische Steuerung des Wochhundes „Zerberus“

Schaltskizze A*



M_1 = Motor, der den Kopf und das Vorderrad dreht

Schaltskizze B*

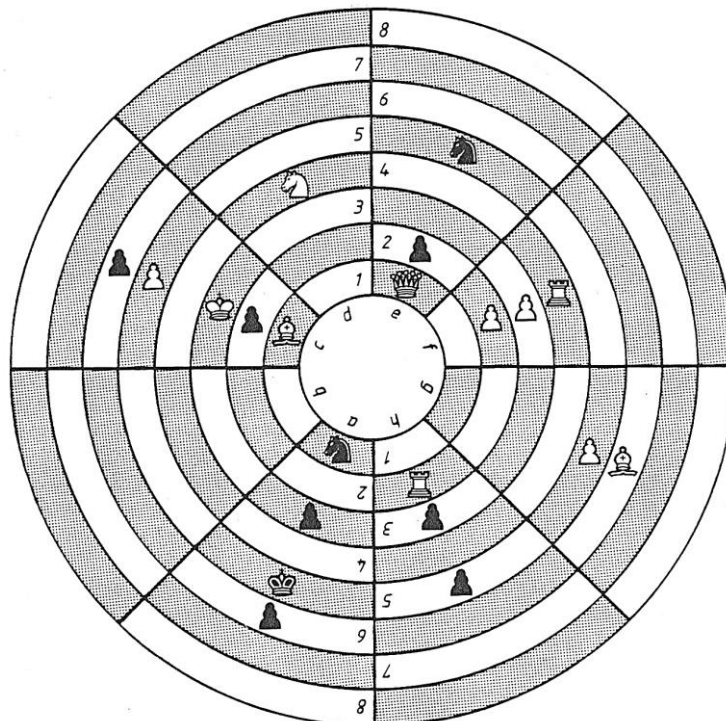


M_2 = Motor für die Kieferbewegung
 M_3 = Motor, der die Hinterräder antreibt

* Beide Schaltskizzen geben den Zustand wieder, bei dem keine Wärmestrahlung auf die Fotowiderstände fällt.

LÖSUNG E 57

E 58 Blattschuss gegen Rosenfranz



Weiß: Kc3, De1, Th2, Tf4, Lc1, Lg6, Sd4, c5, f2, f3, g5

Schwarz: Ka5, Sa1, Se5, a3, a6, c2, c6, e2, h3, h5

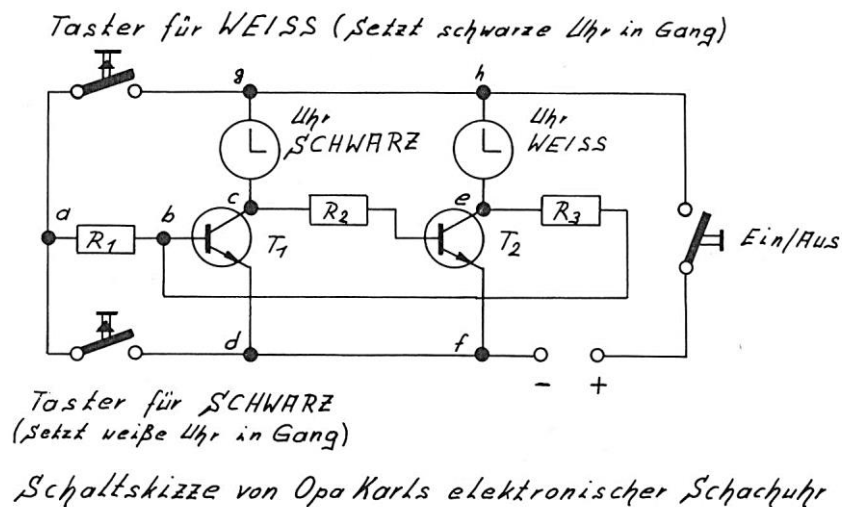
Weiß zieht und gewinnt im zweiten Zug.

Die erste Circularschachmeisterschaft der Welt findet natürlich in Bad Einstein im "Flotten Hugo" statt. Pfarrer Eligius Rosenfranz, ansonsten ein gefürchteter Spieler vor dem Herrn, steht schon in der ersten Runde mit seinen schwarzen Mannen vor unlösbaren Problemen. Oberförster Hubertus Blattschuss, der die weißen Figuren führt und am Zuge ist, kann dem Spiel in zwei Zügen ein Ende machen (siehe Skizze). Doch erkennt er seine Chance? Die vollelektronische, von Opa Karl selbstgebaute Schachuhr läuft gnadenlos.

a) Erkläre die Funktionsweise der elektronischen Schachuhr.

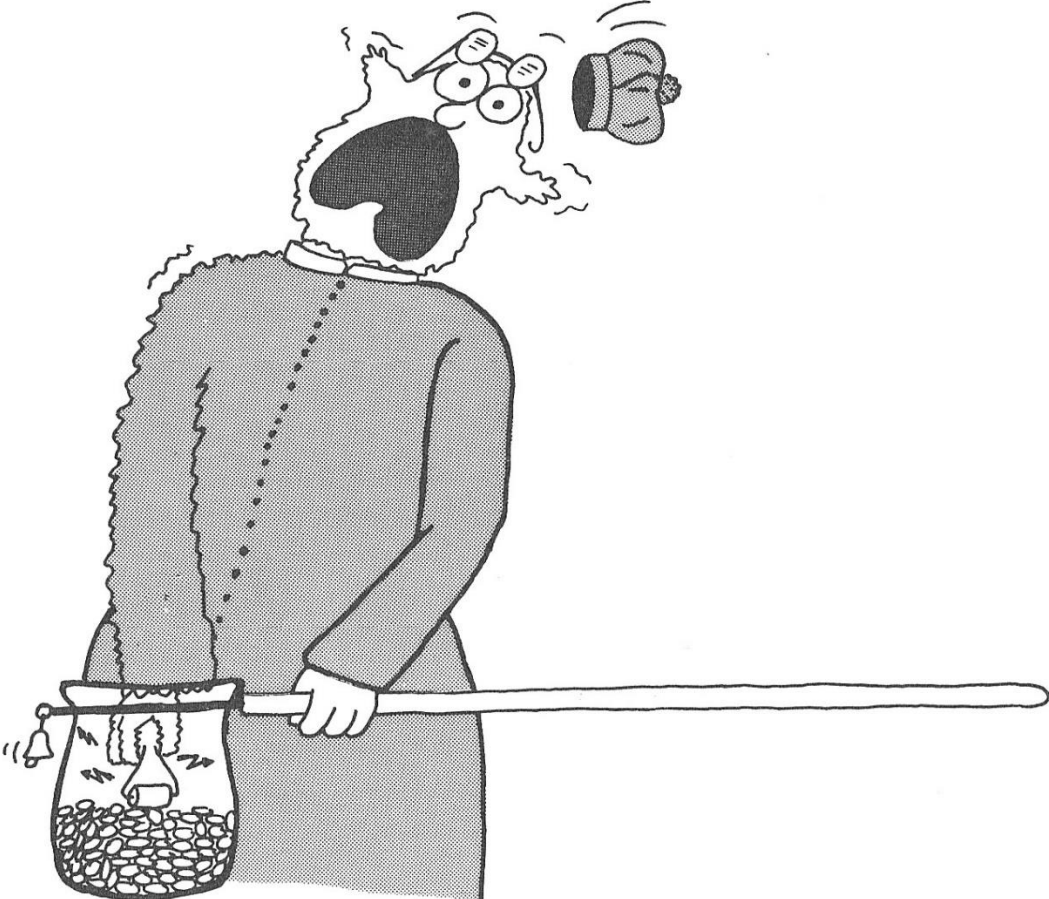
Tipp: Die Widerstände R_1 , R_2 und R_3 dienen nur zur richtigen Dimensionierung des Basis-Emitter-Stromes. Der Basis-Emitter-Strom reicht nicht aus, um die Uhren in Gang zu setzen.

b) Wenn Du Lust hast, dann löse das skizzierte Circularschachproblem. Es gelten die gleichen Regeln wie beim herkömmlichen Schach. Weiß zieht von innen nach außen. Schwarz zieht von außen nach innen. Weiß zieht und gewinnt im zweiten Zug.



[LÖSUNG E 58](#)

Lösungen zur Elektrik



E 1 Lösung

a)

Geg.: $Q = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$, $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Ges.: $n = \text{Anzahl der Elektronen}$

Vor.: Nach dem Ladungserhaltungssatz hat Irene die Ladung $Q_{\text{ab}} = -3,2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ abgegeben.

$$\text{Lsg.: } n = \frac{Q_{\text{ab}}}{e} = \frac{-3,2 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{19} = \underline{\underline{2 \cdot 10^{16}}}$$

Erg.: Irene hat $2 \cdot 10^{16}$ Elektronen an den Handlauf abgegeben.

b)

Geg.: $Q = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ C}$, $t = 0,5 \text{ s}$

Ges.: I

Vor.: /

$$\text{Lsg.: } I = Q/t = \frac{3,2 \cdot 10^{-3} \text{ C}}{0,5 \text{ s}} = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ As/s} = \underline{\underline{6,4 \text{ mA}}}$$

Erg.: Bei der Entladung von Irene ist ein Strom von 6,4 mA geflossen. (Für Menschen können Ströme ab 15 mA tödlich sein)

[Zurück zur Aufgabe E 1](#)

E 2 Lösung

Geg.: $I = 1,5 \text{ mA}$, $n = 6 \cdot 10^{19}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Ges.: t

Vor.: Wir berechnen zuerst die gesamte transportierte Ladung $Q = n \cdot e$. Nun können wir mittels $I = Q/t$ die Zeit t berechnen.

$$\text{Lsg.: } Q = n \cdot e = 6 \cdot 10^{19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = \underline{\underline{9,6 \text{ C}}}$$

$$I = Q/t \Rightarrow t = Q/I = \frac{9,6 \text{ C}}{1,5 \text{ mA}} = \frac{9,6 \text{ As}}{0,0015 \text{ A}}$$

$$\underline{\underline{t = 6.400 \text{ s} = 106 \text{ min } 40 \text{ s} = 1 \text{ h } 46 \text{ min } 40 \text{ s}}}$$

Erg.: Die Spieldauer des Wildwestfilms beträgt $t = 1 \text{ h } 46 \text{ min } 40 \text{ s}$.

[Zurück zur Aufgabe E 2](#)

E 3 Lösung

- a) Wenn Max mit seinem Konservendosenauto die positiv geladene Bratpfanne berührt, lädt sich das Auto positiv auf. Da gleichnamige Ladungen sich abstoßen und ungleichnamige Ladungen sich anziehen, saust das Auto nun zur negativ geladenen Bratpfanne. Hier lädt es sich negativ auf. Nun saust es zur positiv geladenen Bratpfanne, usw., usw., ...
- b) Die beiden Bratpfannen müssen dauernd mit dem Hochspannungsgerät verbunden sein; denn sonst würde es sehr schnell zu einem Ladungsausgleich zwischen den beiden Bratpfannen kommen, da Max mit seinem Metallauto laufend Ladung von einer Bratpfanne zur anderen transportiert.

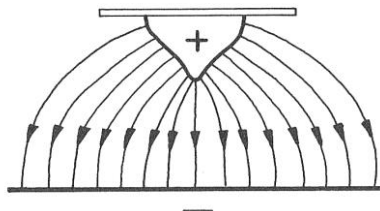
[Zurück zur Aufgabe E 3](#)

E 4 Lösung

Zur Skizze:

- Die Richtung der Feldlinien wird durch Pfeilspitzen verdeutlicht. Sie zeigen von der positiven zur negativen Elektrode.
- Auf Metalloberflächen stehen die Feldlinien senkrecht.
- An der Elektrodenspitze ist das elektrische Feld besonders stark. Hier liegen die Feldlinien dicht beieinander.

Anmerkung: Elektrische Feldlinien gibt es in der Natur nicht. Der Mensch hat sie "erfunden", um mit ihnen das elektrische Feld anschaulich zu beschreiben.



[Zurück zur Aufgabe E 4](#)

E 5 Lösung

Münchhausen spinnt nicht. Seine Ritterrüstung wirkt wie ein Faradaykäfig. D.h.: Im Innern der Ritterrüstung bildet sich kein elektrisches Feld aus und deshalb wandern in Münchhausens adeligem Körper auch keine Ladungen. Münchhausen überlebt, nur sein armes Pferd muss ins Gras beißen.

[Zurück zur Aufgabe E 5](#)

E 6 Lösung

Der Körper von Max stellt einen Elektrolyten dar. Berührt Schnecke Max also gleichzeitig Kupfer- und Zinkplatte, so bilden die beiden Metallplatten zusammen mit ihm ein kurzgeschlossenes galvanisches Element und durch Max fließt ein elektrischer Strom (Aua!).

[Zurück zur Aufgabe E 6](#)

E 7 Lösung

Geg.: $I = 0,8 \text{ A}$, $t = 2 \text{ h } 13 \text{ min}$, $W = 150 \text{ kJ}$

Ges.: U

Vor.: Die Spannung kann mittels der Gleichung $U = W/Q$ berechnet werden, wenn man vorher die Ladung $Q = I \cdot t$ berechnet hat.

$$\text{Lsg.: } Q = I \cdot t \qquad t = 2 \text{ h } 13 \text{ min} = 7.980 \text{ s}$$

$$Q = 0,8 \text{ A} \cdot 7.980 \text{ s}$$

$$Q = 6.384 \text{ As} = \underline{6.384 \text{ C}}$$

$$U = W/Q$$

$$U = \frac{150.000 \text{ J}}{6.384 \text{ C}}$$

$$\underline{\underline{U = 23,5 \text{ V}}}$$

Erg.: Die Batteriespannung beträgt 23,5 V.

[Zurück zur Aufgabe E 7](#)

E 8 Lösung

Geg.: $P = 15 \text{ W}$, $U = 24 \text{ V}$, $Q = 0,8 \text{ Ah}$

Ges.: t

Vor.: Zuerst mit $P = U \cdot I$ die Stromstärke berechnen und dann mit $Q = I \cdot t$ die Zeit.

$$\text{Lsg.: } P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{15 \text{ W}}{24 \text{ V}} = \underline{0,625 \text{ A}}$$

$$Q = I \cdot t \Rightarrow t = \frac{Q}{I} = \frac{0,8 \text{ Ah}}{0,625 \text{ A}} = \underline{\underline{1,28 \text{ h}}}$$

Erg.: Der Heiligenschein von Eligius leuchtet nur 1,28 Stunden lang.

[Zurück zur Aufgabe E 8](#)

E 9 Lösung

Münchhausen spinnt! Die gewonnene elektrische Energie hat er in Form von mechanischer Energie in den Kondensator hineingesteckt; denn er kann die Platten nur unter Kraftaufwand auseinanderziehen, da die unterschiedlich geladenen Platten sich anziehen.

[Zurück zur Aufgabe E 9](#)

E 10 Lösung

Geg.: $P = 50 \text{ W}$, $U = 220 \text{ V}$

Ges.: I

Vor.: /

$$\text{Lsg.: } P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{50 \text{ W}}{220 \text{ V}} = \underline{\underline{0,23 \text{ A}}}$$

Erg.: Beim Betrieb von Popel 2000 fließt ein Strom von 0,23 A.

[Zurück zur Aufgabe E 10](#)

E 11 Lösung

Geg.: $U = 220 \text{ V}$, $I = 1,2 \text{ A}$, $t = 1 \text{ h}$

Ges.: W

Vor.: $W = P \cdot t$ und $P = U \cdot I$. Beide Gleichungen „verknubbeln“ und schon sind wir fertig.

$$\begin{aligned} \text{Lsg.: } W &= P \cdot t, & P &= U \cdot I \\ \Rightarrow W &= U \cdot I \cdot t = 220 \text{ V} \cdot 1,2 \text{ A} \cdot 3600 \text{ s} \\ & & W &= 950.400 \text{ VA s} \\ & & W &= \underline{\underline{950,4 \text{ kJ}}} \end{aligned}$$

Erg.: Der Mixer verrichtet eine Arbeit von 950,4 kJ.

[Zurück zur Aufgabe E 11](#)

E 12 Lösung

Geg.: $U = 220 \text{ V}$, $I = 2,7 \text{ A}$, $t = 6 \text{ h } 45 \text{ min}$, 1 kWh kostet 0,20 DM

Ges.: Betriebskosten

Vor.: Wir berechnen zuerst die elektrische Arbeit mit $W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$ und multiplizieren dann mit dem Preis für eine Kilowattstunde.

$$\begin{aligned} \text{Lsg.: } W &= U \cdot I \cdot t & t &= 6 \text{ h } 45 \text{ min} \approx 6,75 \text{ h} \\ W &= 220 \text{ V} \cdot 2,7 \text{ A} \cdot 6,75 \text{ h} \\ W &= 4.009,5 \text{ Wh} \approx 4 \text{ kWh} \\ & & 1 \text{ kWh} &\text{ kostet } 0,20 \text{ DM} \\ & & 4 \text{ kWh} &\text{ kosten } \underline{\underline{0,80 \text{ DM}}} \end{aligned}$$

Erg.: Die elektrischen Betriebskosten betragen 0,80 DM.

[Zurück zur Aufgabe E 12](#)

E 13 Lösung

Geg.: $F_G = 3.679 \text{ N}$, $h = 9,3 \text{ m}$, $\eta = 85\%$, $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$, 1 kWh kostet $0,20 \text{ DM}$

Ges.: Kosten für einen Weihwassersegen

Vor.: Wir berechnen zuerst die von der Elektropumpe verrichtete mechanische Arbeit $W_{ab} = F_G \cdot h$ und anschließend die von der Pumpe aufgenommene elektrische Arbeit W_{zu} mittels der Gleichung $\eta = W_{ab}/W_{zu}$. Das Ergebnis rechnen wir in kWh um und multiplizieren es mit dem Preis für 1 kWh.

$$\text{Lsg.: } W_{ab} = F_G \cdot h = 3.679 \text{ N} \cdot 9,3 \text{ m} = 34.214,7 \text{ J}$$

$$\eta = W_{ab}/W_{zu}$$

$$\Rightarrow W_{zu} = W_{ab}/\eta \qquad \eta = 85\% \Rightarrow \eta = 0,85$$

$$W_{zu} = \frac{34.214,7 \text{ J}}{0,85}$$

$$W_{zu} = 40.252,6 \text{ J} \approx 40,253 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 3.600 \text{ kJ} \Rightarrow 1 \text{ kJ} = 0.000278 \text{ kWh}$$

$$\Rightarrow W_{zu} = 40,253 \cdot 0.000278 \text{ kWh} = \underline{\underline{0,011 \text{ kWh}}}$$

1 kWh kostet 0,20 DM

$$0,011 \text{ kWh} \text{ kosten } 0,20 \text{ DM} \cdot 0,011 = \underline{\underline{0,0022 \text{ DM}}}$$

Erg.: Die Kosten für den Weihwassersegen betragen nur 0,22 Pfennige.

[Zurück zur Aufgabe E 13](#)

E 14 Lösung

Geg.: $F_G = 6000 \text{ N}$, $h = 1200 \text{ m}$, $U = 440 \text{ V}$, $I = 60 \text{ A}$, $\eta = 35\% \Rightarrow \eta = 0,35$

Ges.: t

Vor.: Zuerst berechnen wir $P_{zu} = U \cdot I$ und danach die vom Elektromotor abgegebene Leistung P_{ab} über $\eta = P_{ab}/P_{zu}$. Da P_{ab} mit der verrichteten Hubarbeit W_H über $P_{ab} = W_H/t$ verknüpft ist, können wir mit dieser Gleichung die gesuchte Zeit t berechnen.

$$\text{Lsg.: } P_{zu} = U \cdot I = 440 \text{ V} \cdot 60 \text{ A} = \underline{26,4 \text{ kW}}$$

$$\eta = P_{ab}/P_{zu} \Rightarrow P_{ab} = \eta \cdot P_{zu} = 0,35 \cdot 26,4 \text{ kW} = \underline{9,24 \text{ kW}}$$

$$P_{ab} = W_H/t \Rightarrow t = W_H/P_{ab} = (F_G \cdot h)/P_{ab}$$

$$t = \frac{6.000 \text{ N} \cdot 1.200 \text{ m}}{9,24 \text{ kW}}$$

$$t = \frac{6.000 \text{ N} \cdot 1.200 \text{ m}}{9.240 \text{ Nm/s}}$$

$$t = 779,22 \text{ s} \approx \underline{\underline{13 \text{ min}}}$$

Erg.: In 13 Minuten überwindet Fotomuhdell Hannelore einen Höhenunterschied von 1200 m.

[Zurück zur Aufgabe E 14](#)

E 15 Lösung

Geg.: $t = 1 \text{ min}$, $\eta = 0,85$, $U = 220 \text{ V}$, $I = 0,3 \text{ A}$

Ges.: W

Vor.: Mit $P_{ab} = U \cdot I$ berechnen wir P_{ab} . Mit $\eta = P_{ab}/P_{zu}$ berechnen wir P_{zu} und mit $P_{zu} = W/t$ die gesuchte Arbeit W .

$$\text{Lsg.: } P_{ab} = U \cdot I = 220 \text{ V} \cdot 0,3 \text{ A} = \underline{66 \text{ W}}$$

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \Rightarrow P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} = \frac{66 \text{ W}}{0,85} = \underline{77,647 \text{ W}}$$

$$P_{zu} = W/t \Rightarrow W = P_{zu} \cdot t = 77,647 \text{ W} \cdot 60 \text{ s}$$

$$W = 4.658,82 \text{ Ws} \approx \underline{\underline{4,659 \text{ kJ}}}$$

Erg.: In einer Minute muss ein Grünrock eine Arbeit von 4,659 kJ verrichten.

[Zurück zur Aufgabe E 15](#)

E 16 Lösung

Geg.: $U = 220 \text{ V}$, $I = 10 \text{ A}$, $m = 5 \text{ kg}$, $\vartheta_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\vartheta_2 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$, Wärmeverlust = 40%, $c = 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

Ges.: t

Vor.: Wir berechnen mit $Q_{\text{Glühw.}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$ die dem Glühwein zugeführte Wärmeenergie. Da 40% der erzeugten Wärme Q an die Umgebung abgegeben werden, beträgt der Wirkungsgrad $\eta = Q_{\text{Glühw.}}/Q = Q_{\text{Glühw.}}/W_{\text{el}} = 0,6$. Hierbei dürfen wir $Q = W_{\text{el}}$ setzen, da die elektrische Energie vollständig in innere Energie umgewandelt wird. Mit $P_{\text{el}} = W_{\text{el}}/t$ berechnen wir nun die gesuchte Größe t , da U und I und somit $P_{\text{el}} = U \cdot I$ gegeben ist.

$$\text{Lsg.: } Q_{\text{Glüh}} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$$

$$Q_{\text{Glüh}} = 4,18 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \cdot 5 \text{ kg} \cdot 75 \text{ K}$$

$$Q_{\text{Glüh}} = \underline{1.567,5 \text{ kJ}}$$

$$\eta = Q_{\text{Glüh}}/W_{\text{el}}$$

$$\Rightarrow W_{\text{el}} = \frac{Q_{\text{Glüh}}}{\eta} = \frac{1.567,5 \text{ kJ}}{0,6} = \underline{\underline{2.612,5 \text{ kJ}}}$$

$$\text{NR: } \Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1$$

$$\Delta\vartheta = 95 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta\vartheta = 75 \text{ }^\circ\text{C} = \underline{\underline{75 \text{ K}}}$$

$$P_{el} = W_{el}/t$$

$$\Rightarrow t = \frac{W_{el}}{P_{el}} = \frac{W_{el}}{U \cdot I} = \frac{2.612,5 \text{ kJ}}{220 \text{ V} \cdot 10 \text{ A}}$$

$$t = \frac{2.612.500 \text{ J}}{220 \text{ J/As} \cdot 10 \text{ A}} = 1.187,5 \text{ s} = 19,792 \text{ min} \approx \underline{\underline{20 \text{ min}}}$$

Erg.: In 20 Minuten erwärmt das Elektroferkel 5 Liter Glühwein von 20 °C auf 95 °C.

[Zurück zur Aufgabe E 16](#)

E 17 Lösung

Geg.: 1 kWh kostet 15,- DM, $m = 27 \text{ kg}$, $U = 400 \text{ V}$, $I = 18 \text{ A}$, $t = 1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$, $\vartheta_1 = 20 \text{ °C}$, $\vartheta_2 = 327 \text{ °C}$,
 $c = 0,129 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, $s = 24,7 \text{ kJ/kg}$

Ges.: a) Stromkosten b) $x =$ Anzahl der Jetseter

Vor.: Die der gesamten Bleimenge zugeführte Wärmemenge Q_g ist gleich der elektrischen Energie $W_{el} = U \cdot I \cdot t$. $W_{el} \Rightarrow$ Stromkosten. Die Wärmemenge Q_e , die 27 kg Blei zugeführt werden müssen, um sie zu schmelzen, setzt sich zusammen aus Q_1 (= Wärmemenge, die nötig ist, um 27 kg Blei von $\vartheta_1 = 20 \text{ °C}$ auf ϑ_2 zu erwärmen) und Q_2 (= Wärmemenge, die nötig ist, um 27 kg Blei zu schmelzen); $Q_e = Q_1 + Q_2$. Teilen wir Q_g durch Q_e , so erhalten wir die Zahl der an Bord befindlichen Jetseter.

Lsg.: a)

$$W_{el} = U \cdot I \cdot t = 400 \text{ V} \cdot 18 \text{ A} \cdot 3.600 \text{ s}$$

$$W_{el} = 2,592 \cdot 10^7 \text{ Ws} = 7,206 \text{ kWh} \approx \underline{\underline{7,2 \text{ kWh}}}$$

$$\swarrow \quad \searrow$$

$$1 \text{ Ws} = 2,78 \cdot 10^{-7} \text{ kWh}$$

1 kWh kostet 15,- DM

$$7,2 \text{ kWh kosten } 7,2 \cdot 15,- \text{ DM} = \underline{\underline{108,- \text{ DM}}}$$

b)

Q_e = Wärmemenge, um 27 kg Blei zu erwärmen und zu schmelzen

Q_1 = Wärmemenge, um 27 kg Blei von ϑ_1 auf ϑ_2 zu erwärmen

Q_2 = Schmelzwärme für 27 kg Blei

Q_g = Wärmemenge, die benötigt wird, um das gesamte Blei zu erwärmen und zu schmelzen.

$$\begin{aligned}
Q_e &= Q_1 + Q_2 & \left| \begin{array}{l} \text{NR: } \Delta \mathcal{T} = \mathcal{T}_2 - \mathcal{T}_1 = 327 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} \\ \Delta \mathcal{T} = 307 \text{ }^\circ\text{C} = 307 \text{ K} \end{array} \right. \\
Q_e &= c \cdot m \cdot \Delta \mathcal{T} + s \cdot m \\
Q_e &= 0,129 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 27 \text{ kg} \cdot 307 \text{ K} + 24,7 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot 27 \text{ kg} \\
Q_e &= 1.069,281 \text{ kJ} + 666,9 \text{ kJ} \\
Q_e &= 1.736,181 \text{ kJ} = \frac{0,483 \text{ kWh}}{1 \text{ kJ} = 2,78 \cdot 10^{-4} \text{ kWh}} \\
x &= \frac{Q_g}{Q_e} = \frac{W_{el}}{Q_e} = \frac{7,2 \text{ kWh}}{0,483 \text{ kWh}} = 14,9 \approx \underline{\underline{15}}
\end{aligned}$$

Erg.: Es waren 15 Jetseter an Bord, und die Stromkosten fürs Bleischmelzen betrugen 108,- DM.

[Zurück zur Aufgabe E 17](#)

E 18 Lösung

Geg. $U_{Kuh} = 24 \text{ V}$, $I_{Kuh} = 15 \text{ mA}$

Ges.: R_{Kuh}

Vor.: Einfach die Gleichung für den elektrischen Widerstand anwenden.

$$\text{Lsg.: } R_{Kuh} = \frac{U_{Kuh}}{I_{Kuh}} = \frac{24 \text{ V}}{0,015 \text{ A}} = 1.600 \text{ } \Omega = \underline{\underline{1,6 \text{ k}\Omega}}$$

Erg.: Der Körperwiderstand von Hannelore beträgt $R_{Kuh} = 1,6 \text{ k}\Omega$.

[Zurück zur Aufgabe E 18](#)

E 19 Lösung

Geg.: $R = 8 \text{ } \Omega$, $I = 1,5 \text{ A}$, $U_B = 12 \text{ V}$

Ges.: U

Vor.: $R = U/I$ nach U umstellen und U ausrechnen. Erhalten wir als Ergebnis $U_S = 12 \text{ V}$, so ist der Verdacht in der Tat begründet, da auch $U_B = 12 \text{ V}$ ist.

$$\text{Lsg.: } R = U_S/I \Rightarrow U_S = R \cdot I = 8 \text{ } \Omega \cdot 1,5 \text{ A} = 12 \text{ V}$$

Erg.: Der Verdacht des Funkkontrollmessdienstes gegen Baron Münchhausen ist begründet; denn die Betriebsspannung U_S des Schwarzsenders ist gleich der Batteriespannung U_B der von Münchhausen gekauften Batterien.

[Zurück zur Aufgabe E 19](#)

E 20 Lösung

Geg.: $\rho_{\text{Cu}} = 0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$, $A = 0,4 \text{ mm}^2$, $U = 13,5 \text{ V}$, $l = 800 \text{ m}$

Ges.: I

Vor.: Wir berechnen zuerst mittels des spez. Widerstandes den Widerstand der Spule und anschließend mit $R = U/I$ den Strom I .

$$\text{Lsg.: } R = \rho_{\text{Cu}} \cdot l/A = 0,017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{800 \text{ m}}{0,4 \text{ mm}^2} = \underline{34 \Omega}$$

$$R = U/I \Rightarrow I = U/R = \frac{13,5 \text{ V}}{34 \Omega} = 0,397 \text{ A} \approx \underline{\underline{0,4 \text{ A}}}$$

Erg.: Durch die Spule fließt bei geschlossenem Deckel ein Strom von $I = 0,4 \text{ A}$.

[Zurück zur Aufgabe E 20](#)

E 21 Lösung

Geg.: $A = 1 \text{ mm}^2$, $\rho_{\text{Cu}} = 0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$, $U = 24 \text{ V}$, $I = 19 \text{ mA}$

Ges.: x

Vor.: Mittels der Größen U und I kann der Widerstand der Hin- und Rückleitung zwischen Bad Einstein und der Kurzschlussstelle berechnet werden. Kennen wir den Widerstand dieser Doppelleitung, so können wir mit $R = \rho_{\text{Cu}} \cdot l/A$ ihre Länge (Hinleitung plus Rückleitung!) berechnen. Um die Entfernung x zwischen Bad Einstein und der Kurzschlussstelle zu erhalten, müssen wir dieses Ergebnis noch durch zwei teilen.

$$\text{Lsg.: } R = U/I = \frac{24 \text{ V}}{0,019 \text{ A}} = \underline{1.263,16 \Omega}$$

$$R = \rho_{\text{Cu}} \cdot l/A$$

$$l = \frac{R \cdot A}{\rho_{\text{Cu}}} = \frac{1.263,16 \Omega \cdot 1 \text{ mm}^2}{0,017 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}} = 74.303,5 \text{ m} \approx \underline{74,3 \text{ km}}$$

$$x = l/2 = \frac{74,3 \text{ km}}{2} = \underline{\underline{37,15 \text{ km}}}$$

Erg.: Der Kurzschluss zwischen der roten und der grünen Leitung ist 37,15 km von Bad Einstein entfernt.

[Zurück zur Aufgabe E 21](#)

E 22 Lösung

Geg.: $U_Q = 24 \text{ V}$, $R_i = 0,2 \Omega$, $R_a = 2,5 \Omega$

Ges.: I

Vor.: Die drei Batterien sind in Reihe geschaltet, und somit ist die Gesamtspannung gleich der Summe der Teilspannungen und der Gesamtwiderstand ist gleich der Summe der Innenwiderstände plus des äußeren Widerstandes. Mittels U_G und R_G kann die gesuchte Größe I berechnet werden.

$$\text{Lsg.: } U_G = 3 \cdot U_Q = 3 \cdot 24 \text{ V} = 72 \text{ V}$$

$$R_G = 3 \cdot R_i + R_a = 3 \cdot 0,2 \Omega + 2,5 \Omega = 3,1 \Omega$$

$$R = U/I \Rightarrow I = U/R = \frac{72 \text{ V}}{3,1 \Omega} = \underline{\underline{23,23 \text{ A}}}$$

Erg.: Die Stromstärke nach dem Erdschluss von Irene beträgt 23,23 A.

[Zurück zur Aufgabe E 22](#)

E 23 Lösung

Geg.: $R_{\text{Geier}} = 10 \text{ k}\Omega$, $l = 0,3 \text{ m}$, $A = 300 \text{ mm}^2$, $\rho = 0,03 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, $I_H = 1000 \text{ A}$

Ges.: I_{Geier}

Vor.: Wir berechnen zuerst über den spez. Widerstand ρ den Widerstand des 0,3 m langen Teils der Hochspannungsleitung. Nun können wir über den Strom I_H den Spannungsabfall an diesem Leitungsteil berechnen. Diese Spannung liegt auch an den Geierfüßen und somit am Geier an. Da wir R_{Geier} kennen, können wir nun auch I_{Geier} berechnen.

$$\text{Lsg.: } R = \rho \cdot l/A = 0,03 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{0,3 \text{ m}}{300 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{0,00003 \Omega}}$$

$$R = U/I \Rightarrow U = R \cdot I = 0,00003 \Omega \cdot 1000 \text{ A} = \underline{\underline{0,03 \text{ V}}}$$

$$I_{\text{Geier}} = U/R_{\text{Geier}} = \frac{0,03 \text{ V}}{10.000 \Omega} = 0,000003 \text{ A} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ A} = \underline{\underline{3 \mu\text{A}}}$$

Erg.: Durch den Geier fließt ein Strom von 3,4 μA . Ein solch kleiner Strom kann einen echten Geier nicht erschüttern.

[Zurück zur Aufgabe E 23](#)

E 24 Lösung

a)

Geg.: Skizze

Ges.: R_{G1} , R_{G2} , R_{G3}

Vor.: Gesetze für Reihenschaltung und Parallelschaltung von Widerständen anwenden.

Lsg.: $R_{G1} = R_1 + R_2 + R_3 = 100\Omega + 300\Omega + 50\Omega = \underline{\underline{450\Omega}}$

$$\frac{1}{R_{G2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{100\Omega} + \frac{1}{300\Omega} + \frac{1}{50\Omega}$$

$$\frac{1}{R_{G2}} = \frac{3}{300\Omega} + \frac{1}{300\Omega} + \frac{6}{300\Omega} = \frac{10}{300\Omega} = \frac{1}{30\Omega}$$

$$\frac{1}{R_{G2}} = \frac{1}{30\Omega} \implies \underline{\underline{R_{G2} = 30\Omega}}$$

$$R_{G3} = R_1 + R_{2/3}$$

$$R_{G3} = 100\Omega + 42,86\Omega$$

$$\underline{\underline{R_{G3} = 142,86\Omega}}$$

$$\frac{1}{R_{2/3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{300\Omega} + \frac{1}{50\Omega} = \frac{7}{300\Omega}$$

$$\implies R_{2/3} = \frac{300\Omega}{7} = \underline{\underline{42,86\Omega}}$$

Erg.: $R_{G1} = 450\Omega$, $R_{G2} = 30\Omega$, $R_{G3} = 142,86\Omega$

b)

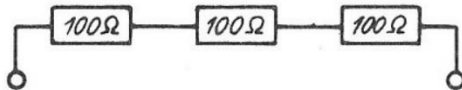
Geg.: $R_1 = R_2 = R_3 = 100\Omega$

Ges.: R_G von allen unterschiedlichen Kombinationen

Vor.: 

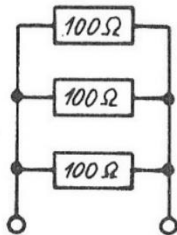
Lsg.:

1.



$$R_{G1} = 100\Omega + 100\Omega + 100\Omega = \underline{\underline{300\Omega}}$$

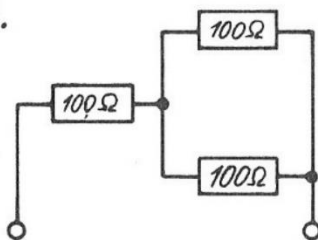
2.



$$\frac{1}{R_{G2}} = \frac{1}{100\Omega} + \frac{1}{100\Omega} + \frac{1}{100\Omega} = \frac{3}{100\Omega}$$

$$\implies R_{G2} = \frac{100\Omega}{3} = \underline{\underline{33,3\Omega}}$$

3.

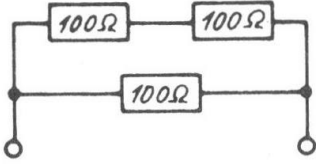


$$\frac{1}{R_{2/3}} = \frac{1}{100\Omega} + \frac{1}{100\Omega} = \frac{2}{100\Omega} = \frac{1}{50\Omega}$$

$$\implies R_{2/3} = 50\Omega$$

$$R_{G3} = 100\Omega + 50\Omega = \underline{\underline{150\Omega}}$$

4.



$$R_{1/2} = 100\Omega + 100\Omega = 200\Omega$$

$$\frac{1}{R_{G4}} = \frac{1}{R_{1/2}} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{200\Omega} + \frac{1}{100\Omega}$$

$$\frac{1}{R_{G4}} = \frac{3}{200\Omega} \implies R_{G4} = \frac{200\Omega}{3} = \underline{\underline{66,7\Omega}}$$

5. Verwendet man nicht alle drei, sondern nur zwei Widerstände, so erhält man 200 Ω für die Reihenschaltung und 50 Ω für die Parallelschaltung

Verwendet man nur einen Widerstand, dann bleibt es bei 100 Ω .

Erg.: drei Widerstände: 33,3 Ω ; 66,7 Ω ; 150 Ω ; 300 Ω

zwei Widerstände: 50 Ω ; 200 Ω

ein Widerstand: 100 Ω

c)

Geg.: Skizze

Ges.: R_x , U_5 , I_3

Vor.: Zuerst berechnen wir über U und I den Gesamtwiderstand R der Schaltung. Nun fassen wir R_2 , R_3 , R_4 und R_5 zu $R_{2/3/4/5}$ zusammen und R_6 und R_7 zu $R_{6/7}$.

Da R_1 , $R_{2/3/4/5}$, R_x und $R_{6/7}$ in Reihe geschaltet sind und der Gesamtwiderstand R bekannt ist, lässt sich R_x nun leicht berechnen.

Hat man den Ersatzwiderstand $R_{2/3/4/5}$ berechnet, dann kann man auch die an ihm liegende Spannung $U_{2/3/4/5}$ berechnen, da der durch den Ersatzwiderstand fließende Strom $I = 0,8$ A gegeben ist. Kennt man $U_{2/3/4/5}$, dann kann man $I_{2/5}$ berechnen, wenn man vorher $R_{2/5}$ berechnet hat. Kennt man $I_{2/5}$, dann kann man mittels R_5 die gesuchte Größe U_5 bestimmen.

Lsg.:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{100V}{0,8A} = 125\Omega$$

$$R_{2/5} = R_2 + R_5 = 30\Omega + 40\Omega = 70\Omega$$

$$\frac{1}{R_{2/3/4/5}} = \frac{1}{R_{2/5}} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{70\Omega} + \frac{1}{30\Omega} + \frac{1}{30\Omega} = \frac{3}{210\Omega} + \frac{7}{210\Omega} + \frac{7}{210\Omega} = \frac{17}{210\Omega}$$

$$\implies R_{2/3/4/5} = \frac{210\Omega}{17} = 12,35\Omega$$

$$\frac{1}{R_{6/7}} = \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7} = \frac{1}{200\Omega} + \frac{1}{50\Omega} = \frac{1}{200\Omega} + \frac{4}{200\Omega} = \frac{5}{200\Omega} = \frac{1}{40\Omega}$$

$$R_{6/7} = 40\Omega$$

$$R = R_1 + R_{2/3/4/5} + R_x + R_{6/7}$$

$$\implies R_x = R - R_1 - R_{2/3/4/5} - R_{6/7} = 125\Omega - 10\Omega - 12,35\Omega - 40\Omega$$

$$\underline{\underline{R_x = 62,65\Omega}}$$

$$U_{2/3/4/5} = R_{2/3/4/5} \cdot I = 12,35 \Omega \cdot 0,8 A = \underline{9,88 V}$$

$$R_{2/5} = 70 \Omega$$

$$I_{2/5} = \frac{U_{2/3/4/5}}{R_{2/5}} = \frac{9,88 V}{70 \Omega} = \underline{0,14 A}$$

$$U_5 = R_5 \cdot I_{2/5} = 40 \Omega \cdot 0,14 A = \underline{\underline{5,6 V}}$$

Erg.: $R_x = 62,65 \Omega$, $U_5 = 5,6 V$

d)

Geg.: Skizze

Ges.: I

Vor.: Am Widerstand R_1 liegt die Spannung 10 V. Am Widerstand R_3 und R_5 liegt jeweils eine Spannung von 5 V, da sie gleich groß und in Reihe geschaltet sind. Das Gleiche gilt für R_2 und R_4 . Daraus folgt, dass die Spannungsdifferenz zwischen den Lötstellen C und D Null ist. Durch den Widerstand R_6 fließt also kein Strom. Somit braucht er bei der Berechnung des Gesamtstromes nicht berücksichtigt zu werden. $R_{3/5}$ und $R_{2/4}$ liegen parallel zu R_1 .

Lsg.:

$$I = I_1 + I_{3/5} + I_{2/4}$$

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_{3/5}} + \frac{U}{R_{2/4}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_3 + R_5} + \frac{U}{R_2 + R_4}$$

$$I = \frac{10 V}{10 \Omega} + \frac{10 V}{10 \Omega + 10 \Omega} + \frac{10 V}{10 \Omega + 10 \Omega}$$

$$I = 1 A + 0,5 A + 0,5 A$$

$$\underline{\underline{I = 2 A}}$$

Erg.: Das Messgerät zeigt einen Strom von 2 A an.

[Zurück zur Aufgabe E 24](#)

E 25 Lösung

Nach den Gesetzen für Reihen und Parallelschaltung liegt bei einer Gesamtspannung von 12 V an jeder Lampe eine Spannung von 6 V. In der Zuleitung fließt ein Strom von 1 A, in den Lampen ein Strom von 0,5 A.

Schraubt Münchhausen nun die Lampe A heraus, so erhöht sich der Gesamtwiderstand auf $12 \Omega + 6 \Omega = 18 \Omega$ und der Strom in der Zuleitung beträgt $I = U/R = 12 V/18 \Omega = 0,67 A$.

Dieser Strom fließt durch die Lampe B und je zur Hälfte durch die Lampen C und D. Daraus folgt: Lampe B leuchtet heller und die Lampen C und D dunkler als in der Ausgangsschaltung.

Schraubt Münchhausen jedoch die Lampen A und D heraus, so leuchten B und C genauso hell wie in der Ausgangsschaltung; denn der Gesamtwiderstand beträgt nun $12 \Omega + 12 \Omega = 24 \Omega$ und durch jede Lampe fließt ein Strom von 0,5 A.

Münchhausen lügt also in beiden Fällen.

[Zurück zur Aufgabe E 25](#)

E 26 Lösung

Geg.: $P = 3,5 \text{ kW}$, $R = 40 \Omega$

Ges.: I

Vor.: Wir verknüpfen die beiden Gleichungen $P = U \cdot I$ und $U = R \cdot I$ und stellen die neue Gleichung nach I um. Fertig.

Lsg.: $P = U \cdot I$ (1)

$U = R \cdot I$ (2)

$$(2) \text{ in } (1) \Rightarrow P = R \cdot I^2$$

$$\Rightarrow I^2 = P/R$$

$$\Rightarrow I = \sqrt{P/R} = \sqrt{\frac{3500 \text{ W}}{40 \Omega}} = \sqrt{87,5 \text{ A}^2} = \underline{\underline{9,35 \text{ A}}}$$

Erg.: Durch den Wärmestrahler fließt ein Strom von 9,35 A.

[Zurück zur Aufgabe E 26](#)

E 27 Lösung

Geg.: $t = 24 \text{ h}$, $l = 50 \text{ m}$, $A = 0,1 \text{ mm}^2$, $\rho = 1,09 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, 1 kWh kostet 0,20 DM

Ges.: Kosten für einen Tag

Vor.: Nachdem wir mit $R = \rho \cdot l/A$ den Widerstand eines Heizdrahtes bestimmt haben, berechnen wir den Gesamtwiderstand der zwei parallel geschalteten Heizdrähte und den Gesamtstrom. Nun können wir mit $W = U \cdot I \cdot t$ die pro Tag in Wärmeenergie umgewandelte elektrische Energie ermitteln und anschließend die Kosten pro Tag.

$$\text{Lsg.: } R = \rho \cdot l/A = 1,09 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{50 \text{ m}}{0,1 \text{ mm}^2} = \underline{\underline{545 \Omega}}$$

$$1/R_G = 1/R_1 + 1/R_2 = \frac{1}{545 \Omega} + \frac{1}{545 \Omega} = \frac{2}{545 \Omega}$$

$$\Rightarrow R_G = \frac{545 \Omega}{2} = \underline{272,5 \Omega}$$

$$I_G = U/R_G = \frac{220 \text{ V}}{272,5 \Omega} = \underline{0,81 \text{ A}}$$

$$W = U \cdot I \cdot t = 220 \text{ V} \cdot 0,81 \text{ A} \cdot 24 \text{ h}$$

$$W = 4276,8 \text{ Wh} \approx 4,28 \text{ kWh}$$

1 kWh kostet 0,20 DM

$$4,28 \text{ kWh kosten } 0,20 \text{ DM} \cdot 4,28 = \underline{\underline{0,856 \text{ DM}}}$$

Erg.: Der Luxus, eine beheizte Klobrille zu besitzen, kostet Münchhausen 0,86 DM pro Tag.

[Zurück zur Aufgabe E 27](#)

E 28 Lösung

a)

Geg.: 1 kWh kostet 0,20 DM, $n = 240$, Stromkosten = 1,92 DM, $U = 220 \text{ V}$, $t = 2 \text{ min}$

Ges.: R

Vor.: Zuerst berechnen wir mittels Dreisatz die gesamte elektrische Arbeit W. Verknüpfen wir nun

$W = U \cdot I \cdot t$ mit $U = R \cdot I$, so können wir R bestimmen.

Lsg.: 1 kWh kostet 0,20 DM

x kWh kosten 1,92 DM

$$x = 1,92 : 0,2 = 9,6$$

also: $W = 9,6 \text{ kWh}$

$$W = U \cdot I \cdot t_G \quad (1) \quad , \quad I = U/R \quad (2)$$

$$(2) \text{ in } (1) \Rightarrow W = (U^2/R) \cdot t_G$$

$$\Rightarrow R = (U^2/W) \cdot t_G$$

$$\begin{aligned} \text{NR: } t_G &= 240 \cdot t \\ &= 240 \cdot 2 \text{ min} \\ &= 480 \cdot \text{min} \\ &= \underline{8 \text{ h}} \end{aligned}$$

$$R = \frac{(220 \text{ V})^2}{9.600 \text{ Wh}} \cdot 8 \text{ h}$$

$$R = 40,33 \frac{\text{V}^2}{\text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{h}}$$

$$\underline{\underline{R = 40,33 \Omega}}$$

Erg.: Das Bügeleisen hat einen Widerstand von 40,33 Ω .

b)

Geg.: $U = 220 \text{ V}$, $R = 60,5 \Omega$, $m = 1 \text{ kg}$, $c = 3,8 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, $\vartheta_1 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$, $\vartheta_2 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$, $\eta = 0,75$

Ges.: t

Vor.: Die Wärmemenge Q , die notwendig ist um den Glühwein zu erwärmen, erhalten wir mit $Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$. Nun können wir über den Wirkungsgrad $\eta = Q/W_{\text{el}}$ die benötigte elektrische Arbeit W_{el} berechnen. Da U und R gegeben sind, können wir nun mit $W = U \cdot I \cdot t$ und $I = U/R$ die gesuchte Zeit t berechnen.

Lsg.: $Q = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta = 3,8 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K}) \cdot 1 \text{ kg} \cdot 90 \text{ K}$

$$Q = 342 \text{ kJ}$$

$$\eta = Q/W_{\text{el}}$$

$$\Rightarrow W_{\text{el}} = Q/\eta = \frac{342 \text{ kJ}}{0,75} = 456 \text{ kJ}$$

$$W_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t \quad (1) \quad I = U/R \quad (2)$$

$$(2) \text{ in } (1) \Rightarrow W_{\text{el}} = (U^2 / R) \cdot t$$

$$\Rightarrow t = \frac{W_{\text{el}} \cdot R}{U^2} = \frac{126,768 \text{ Wh} \cdot 60,5 \Omega}{(220 \text{ V})^2}$$

$$t = 0,15846 \text{ h} = \underline{\underline{9,5 \text{ min}}}$$

$$\begin{aligned} \text{NR: } \Delta\vartheta &= \vartheta_2 - \vartheta_1 \\ \Delta\vartheta &= 95 \text{ }^\circ\text{C} - 5 \text{ }^\circ\text{C} \\ \Delta\vartheta &= 90 \text{ }^\circ\text{C} \\ \Delta\vartheta &= 90 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NR: } 1 \text{ kJ} &= 2,78 \cdot 10^{-4} \text{ kWh} \\ 456 \text{ kJ} &= 0,126768 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Erg.: Um 1 Liter Glühwein von $5 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $95 \text{ }^\circ\text{C}$ zu erwärmen, benötigt Max mit seinem kleinen Bügeleisen 9,5 Minuten.

[Zurück zur Aufgabe E 28](#)

E 29 Lösung

Münchhausen hat recht; denn die Schnittstelle x ist ein kleiner Kondensator (Kondensatorplatten = Schnittflächen, Dielektrikum = Luft) und Kondensatoren lassen bekanntlich Wechselströme passieren. Der Wechselstrom, der durch diesen "Schnittstellenkondensator" fließt, ist jedoch so klein, dass Baron Münchhausen schon einen Verstärker in sein Messgerät einbauen muss, wenn er einen Zeigerausschlag erreichen will.

Schiebt Münchhausen ein Stück Isolierstoff ($\epsilon_r > 1$) zwischen die beiden Schnittflächen, so erhöht sich die Kapazität des Kondensators. Dadurch sinkt sein Wechselstromwiderstand, und das Messgerät zeigt einen größeren Strom an.

[Zurück zur Aufgabe E 29](#)

E 30 Lösung

Geg.: $C = 40/\text{AF}$, $U = 220 \text{ V}$

Ges.: Q

Vor.: Einfach $C = Q/U$ anwenden

$$\text{Lsg.: } C = Q/U \Rightarrow Q = C \cdot U = 40 \cdot 10^{-6} \text{ F} \cdot 220 \text{ V} = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ (C/V)} \cdot \text{V}$$

$$Q = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ C} = \underline{\underline{0,0088 \text{ C}}}$$

Erg.: Durch die Hand von Eligius floss eine Ladung von $8,8 \cdot 10^{-3} \text{ C}$.

[Zurück zur Aufgabe E 30](#)

E 31 Lösung

Widerstand und Kondensator bilden einen Spannungsteiler. Im Einschalt Augenblick ist der Widerstand des Kondensators vernachlässigbar klein, so dass die gesamte angelegte Spannung am ohmschen Widerstand anliegt.

Infolge des Stromflusses lädt der Kondensator sich jedoch mehr und mehr auf, und sein Widerstand vergrößert sich. Dadurch wächst die Spannung an ihm solange an, bis sie den Wert der Zündspannung der Glimmlampe erreicht hat. Nun entlädt sich der Kondensator über die Glimmlampe, bis die Kondensatorspannung unter die Löschspannung der Glimmlampe abgesunken ist (Die Löschspannung der Glimmlampe ist stets kleiner als die Zündspannung).

Nun lädt der Kondensator sich wieder bis zur Zündspannung auf. Usw., usw. ...

[Zurück zur Aufgabe E 31](#)

E 32 Lösung

a)

Geg.: $C = 10.000 \mu\text{F}$, Skizze

Ges.: $C_R =$ Kapazität einer Kondensatorreihe

$$\text{Vor.: Einfach } \frac{1}{C_R} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5}$$

anwenden, da die fünf Kondensatoren einer Reihe hintereinander geschaltet sind.

$$\text{Lsg.: } \frac{1}{C_R} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5}$$

$$\frac{1}{C_R} = \frac{1}{10.000 \mu\text{F}} + \frac{1}{10.000 \mu\text{F}} + \frac{1}{10.000 \mu\text{F}} + \frac{1}{10.000 \mu\text{F}} + \frac{1}{10.000 \mu\text{F}}$$

$$\frac{1}{C_R} = \frac{5}{10.000 \mu\text{F}}$$

$$\Rightarrow C_R = \frac{10.000 \mu\text{F}}{5} = 2.000 \mu\text{F}$$

Erg.: Die Kapazität einer Kondensatorreihe beträgt $2000 \mu\text{F}$.

b)

Geg.: $C_R = 2000 \text{ F}$, $U = 220 \text{ V}$, Skizze

Ges.: Q_G

Vor.: Mit $C_R = Q_R/U$ berechnen wir die Ladung, die in einer Kondensatorreihe gespeichert ist. Da im Fledermauspflückgerät vier Kondensatorreihen angebracht sind, müssen wir also nur noch mit vier multiplizieren, um die Gesamtladung Q_G zu erhalten.

Lsg.: $C_R = Q_R/U$

$$\Rightarrow Q_R = C_R \cdot U$$

$$2000 \mu\text{F} = 2 \text{ mF} = 0,002 \text{ F}$$

$$Q_R = 0,002 \text{ F} \cdot 220\text{V}$$

$$Q_R = 0,44 \text{ (C/V)} \cdot \text{V}$$

$$Q_R = 0,44 \text{ C}$$

$$Q_G = 4 \cdot Q_R$$

$$Q_G = 4 \cdot 0,44 \text{ C}$$

$$Q_G = 1,76 \text{ C}$$

Erg.: Im Fledermauspflückgerät ist eine Ladung von $Q_G = 1,76 \text{ C}$ gespeichert.

[Zurück zur Aufgabe E 32](#)

E 33 Lösung

a)

Geg.: $U_1 = 100 \text{ V}$, $C_1 = 70 \text{ pF}$, $d_2 = 0,4 \text{ m}$, $A = 0,04 \text{ m}^2$, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/(V}\cdot\text{m)}$

Ges.: U_2

Vor.: Nach der Gleichung $C = \epsilon_0 \cdot A/d$ wird C kleiner, wenn der Plattenabstand d vergrößert wird. Dies hat zur Folge, dass nach Gleichung $C = Q/U$ die Spannung U größer werden muss, da die Ladung Q des Kondensators ja konstant bleibt.

Über $C_1 = Q/U_1$ berechnen wir Q . Mit $C_2 = \epsilon_0 \cdot A/d_2$ berechnen wir C_2 . Nun können wir über $C_2 = Q/U_2$ die gesuchte Größe U_2 berechnen.

Lsg.: $C_1 = Q/U_1$ NR.: $70 \text{ pF} = 70 \cdot 10^{-12} \text{ F}$

$$\Rightarrow Q = C_1 \cdot U_1 = 70 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot 100 \text{ V} = 70 \cdot 10^{-10} \text{ (C/V)} \text{ V} = 7 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$C_2 = \epsilon_0 \cdot A/d_2 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{V m}} \cdot \frac{0,04 \text{ m}^2}{0,4 \text{ m}} = 8,854 \cdot 10^{-13} \text{ F}$$

$$C_2 = Q/U_2$$

$$\Rightarrow U_2 = Q/C_2 = \frac{7 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{8,854 \cdot 10^{-13} \text{ F}} = 7,9 \cdot 10^3 \text{ C/(C/V)} = \underline{\underline{7.900 \text{ V}}}$$

Erg.: Die Spannung erhöht sich von $U_1 = 100 \text{ V}$ auf $U_2 = 7900 \text{ V}$. Beachtlich!

b)

Geg.: $U_1 = 100 \text{ V}$, $d = 2 \text{ cm}$, $A = 0,04 \text{ m}^2$, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/(V m)}$, $\epsilon_r = 50$

Ges.: ΔW

Vor.: Wir berechnen mit $W_1 = C_1 \cdot U^2/2$ die im Kondensator gespeicherte Energie, bevor das Dielektrikum herausgezogen wird. Wird nun das Dielektrikum ($\epsilon_r = 50$) herausgezogen, so verringert sich nach $C = \epsilon \cdot \epsilon_r \cdot A/d$ die Kapazität des Kondensators. Da die Ladung Q jedoch konstant bleibt, muss die Spannung U größer werden, da die Beziehung $U = Q/C$ gilt.

Unter Verwendung von $C_2 = \epsilon_0 \cdot A/d$ und $U_2 = Q/C_2$ berechnen wir nun $W_2 = C_2 \cdot U_2^2/2$. Die Differenz $\Delta W = W_2 - W_1$ ist die gesuchte Größe.

$$\text{Lsg.: } C_1 = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A/d = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{V m}} \cdot 50 \frac{0,04 \text{ m}^2}{0,02 \text{ m}} = 8,854 \cdot 10^{-10} \text{ F}$$

$$W_1 = \frac{C_1 \cdot U_1^2}{2} = \frac{8,854 \cdot 10^{-10} \text{ F} \cdot (100 \text{ V})^2}{2} = 4,427 \cdot 10^{-6} \frac{\text{C} \cdot \text{V}^2}{\text{V}}$$

$$W_1 = 4,427 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot \text{J/C} = 4,427 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

$$Q = C \cdot U = 8,854 \cdot 10^{-10} \text{ F} \cdot 100 \text{ V} = 8,854 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

$$C_2 = \epsilon_0 \cdot A/d = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{V} \cdot \text{m}} \cdot \frac{0,04 \text{ m}^2}{0,02 \text{ m}} = 1,7708 \cdot 10^{-11} \text{ F}$$

$$U_2 = Q/C_2 = \frac{8,854 \cdot 10^{-8} \text{ C}}{1,7708 \cdot 10^{-11} \text{ F}} = 5000 \text{ V}$$

$$W_2 = \frac{C_2 \cdot U_2^2}{2} = \frac{1,7708 \cdot 10^{-11} \text{ F} \cdot (5000 \text{ V})^2}{2} = 2,2135 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

$$\Delta W = W_2 - W_1 = 2,2135 \cdot 10^{-4} - 4,427 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

$$\underline{\underline{\Delta W = 2,17 \cdot 10^{-4} \text{ J}}}$$

Erg.: Der Energiegewinn beträgt zwar nur $\Delta W = 2,17 \cdot 10^{-4} \text{ J}$, doch hat sich die Energie des Kondensators um den Faktor 50 erhöht : $W_2 = 50 \cdot W_1$

Anmerkung: Da es keramische Stoffe mit einer Dielektrizitätszahl bis zu 10.000 gibt, ist bei einer entsprechenden Isolation eine Energieerhöhung bis zum Faktor 10.000 möglich.

[Zurück zur Aufgabe E 33](#)

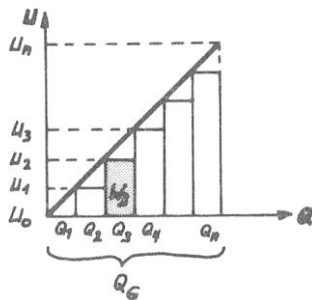
E 34 Lösung

Münchhausen spinnt!

Die beiden Definitionsgleichungen $C = Q/U$ und $U = W/Q$ sind zwar richtig, doch bei seinem Schluss auf $W = C \cdot U^2$ geht er von der falschen Voraussetzung aus, dass die Kondensatorspannung während des Aufladevorgangs konstant bleibt.

Aus der Skizze (siehe Tipp) folgt jedoch, dass die Kondensatorspannung umso größer wird, je mehr Ladung die Spannungsquelle (z.B. ein Generator) von einer Kondensatorplatte zur anderen transportiert. Für den Transport einer einzelnen Ladung gilt zwar $W = U \cdot Q$, da U aber mit jeder transportierten Ladung anwächst, nimmt auch die Arbeit zu, die für den Transport der folgenden Ladung verrichtet werden muss, also: $W_1 = 0, W_2 < W_3 < W_4 < \dots$

In einem Diagramm dargestellt, sieht dies wie folgt aus:



Der Inhalt einer kleinen Rechteckfläche entspricht der Arbeit, die beim Transport einer bestimmten Ladung verrichtet wurde, z.B., $W_3 = Q_3 \cdot U_2$.

Die Summe aller Rechteckflächen entspricht der gesamten, von der Spannungsquelle verrichteten Arbeit, und diese ist gleich der vom Kondensator gespeicherten Energie.

Der Flächeninhalt kann jedoch nicht nur durch Summenbildung, sondern, wie aus der Skizze ersichtlich ist, bei sehr schmalen Rechtecken näherungsweise wie folgt berechnet werden:

$$W = \frac{U_n \cdot Q_G}{2}$$

Dies entspricht dem Dreieck unter der Geraden im U-Q-Diagramm.

Setzen wir $U = U_n$ und $Q = Q_G$, so können wir schreiben:

$W = U \cdot Q / 2$ mit $Q = C \cdot U$ folgt daraus $W = C \cdot U^2 / 2$ und nicht $W = C \cdot U^2$, wie Baron Münchhausen behauptet.

[Zurück zur Aufgabe E 34](#)

E 35 Lösung

Der Versuch mit der Stricknadel funktioniert in der Tat, doch er funktioniert, nur deshalb, weil sich der Südpol der Stricknadel näher am Stabmagneten befindet als deren Nordpol und die Magnetkraft mit der Entfernung abnimmt. Eine kurze Stricknadel wird sich im Feld des Stabmagneten nicht bewegen, da sich bei ihr anziehende und abstoßende Kräfte aufheben.

Relativ zum Erdmagnetfeld kann der Stabmagnet im Floß von Baron Münchhausen als sehr, sehr kurze Stricknadel betrachtet werden, d.h., auch hier heben sich die anziehenden und abstoßenden Kräfte auf. Baron Münchhausen hat uns also wieder eine freche Lügengeschichte aufgetischt.

Würde sein magnetisches Floß jedoch funktionieren, so müsste der Südpol des Stabmagneten tatsächlich oben aus dem Floß herauschauen; denn am geographischen Südpol (Antarktis) liegt bekanntlich der magnetische Nordpol.

[Zurück zur Aufgabe E 35](#)

E 36 Lösung

Wenn die bewegungshemmenden Reibungskräfte sehr klein wären, dann würde dieses Fahrrad tatsächlich funktionieren. Wie Ihr sicher wisst, wird Eisen, welches bis zur Rotglut erhitzt wird, nicht mehr von einem Magneten angezogen, da die Elementarmagnete sich aufgrund der starken thermischen Bewegung nicht mehr ordnen lassen. Dies hat zur Folge, dass der linke Teil des Hinterrades stärker angezogen wird als der rechte Teil und das Hinterrad sich deshalb im Uhrzeigersinn dreht.

Praktisch würde das magnetgetriebene Fahrrad jedoch nicht fahren, da die antreibenden Kräfte zu gering sind.

[Zurück zur Aufgabe E 36](#)

E 37 Lösung

- a) Der Wickelstab aus Kupfer ist falsch gepolt. Bei der angegebenen Polung würde er sich nach links bewegen.
- b) Bei richtiger Polung bewegt sich der stromdurchflossene Wickelstab infolge der Lorentzkraft nach rechts und wickelt das Heringsfilet auf. Die Bewegungsrichtung kann mit der Drei-Finger-Regel bestimmt werden.
- c) Na klar! Auch eine Essiggurke leitet den elektrischen Strom. In ihr wandern jedoch positive und negative Ionen. Da die unterschiedlich geladenen Ionen in entgegengesetzte Richtungen wandern, wirkt die Lorentzkraft auf beide Ionenarten in die gleiche Richtung, bei richtiger Polung also nach rechts.
- d) Anstelle der beiden Kupferschienen müsste Max eine Schiene aus edlem und eine Schiene aus unedlem Metall an der Rollmopswickelmaschine anbringen und beide leitend verbinden. In Kombination mit der Essiggurke hätte er so ein kurzgeschlossenes galvanisches Element als Energiequelle.

[Zurück zur Aufgabe E 37](#)

E 38 Lösung

- a) Sobald die Elektroden des Champagnerquirls in den Champagner eingetaucht werden, wandern die negativen Ionen in Richtung der positiven Elektrode, die positiven Ionen in Richtung der negativen Elektrode. Infolge ihrer Bewegung durch das Magnetfeld des Scheibenmagneten erfahren sie eine Richtungsänderung durch die Lorentzkraft. Der Champagner beginnt im Glas zu rotieren.
- b) Wenden wir die Drei-Finger-Regel auf die wandernden positiven und negativen Ionen an (siehe Skizze Draufsicht), so stellen wir fest, dass der Champagner gegen den Uhrzeigersinn rotiert.

[Zurück zur Aufgabe E 38](#)

E 39 Lösung

- a) Teilchen (1) ist das Positron und Teilchen (2) das Elektron.

- b) Die Spuren von Elektron und Positron sind nur deshalb sichtbar, weil sie auf ihrem Weg Atome ionisieren, an denen die Wassermoleküle zu Tröpfchen kondensieren. Bei jeder Ionisation wandelt sich ein Teil der Bewegungsenergie der Elementarteilchen um. Infolge der abnehmenden Geschwindigkeit bewegen sich die beiden Elementarteilchen auf Spiralbahnen.

[Zurück zur Aufgabe E 39](#)

E 40 Lösung

Ändert sich der magnetische Fluss in einer Spule, so wird in der Spule eine elektrische Spannung induziert.

[Zurück zur Aufgabe E 40](#)

E 41 Lösung

- a) Der Wicklungssinn der Spule ist richtig.
- b) Wenn Max sich mit seinem schnellen Magnetauto der Spule 2 nähert, wird die Spule von einem sich ändernden Magnetfeld durchsetzt und in der Spule entsteht nach dem Induktionsgesetz eine Induktionsspannung. Da die Spule kurzgeschlossen ist, fließt ein Induktionsstrom, der nach der Lenzschen Regel der Ursache seiner Entstehung entgegenwirkt. D.h., wenn Max sich der Spule 2 nähert, entsteht am linken Ende der Spule ein Nordpol, welcher die Bewegung des Magnetautos hemmt. Wenn Max die Spule 2 verlässt, entsteht am rechten Ende der Spule 2 ein Nordpol, welcher das Magnetauto weiter abbremst.

Wäre infolge des Induktionsstromes die Spule umgekehrt gepolt, so würde das Magnetauto von Max beim Durchfahren der Spule 2 beschleunigt. Dies widerspricht jedoch dem Energieerhaltungssatz, da in diesem Fall Bewegungsenergie aus dem Nichts entstehen würde.

[Zurück zur Aufgabe E 41](#)

E 42 Lösung

Schließt Max den Schalter, so baut der Spulenstrom ein Magnetfeld auf, welches auch den Aluminiumring durchsetzt. Dies hat einen Induktionsstrom im Aluminiumring zur Folge, der der Ursache seiner Entstehung entgegenwirkt. D.h., mit seinem Magnetfeld versucht er das Magnetfeld der Spule zu schwächen. Das bedeutet aber, dass beide Magnetfelder entgegengesetzt gepolt sind und Max mit seinem Magnetozisch nach rechts katapultiert wird.

[Zurück zur Aufgabe E 42](#)

E 43 Lösung

Die dynamische Verhaltensänderung des ruhebedürftigen Genies ist in der Tat gerechtfertigt; denn sobald die Schaltuhr über den Schaltkontakt den Stromkreis öffnet, bricht das Magnetfeld der Spule blitzschnell zusammen, sodass die durch Selbstinduktion entstehende sehr hohe Induktionsspannung voll an den Sitzkontakten 1 und 2 anliegt. Armes Genie!

[Zurück zur Aufgabe E 43](#)

E 44 Lösung

Infolge der Selbstinduktion besitzt eine von Wechselstrom durchflossene Spule zusätzlich zu ihrem ohmschen Widerstand einen induktiven Widerstand (Wechselstromwiderstand). Dieser Widerstand ist umso größer, je größer die Induktivität der Spule ist. D.h., eine mit einem Eisenkern versehene Spule besitzt eine höhere Induktivität und damit einen höheren Wechselstrom-widerstand als eine Spule ohne Eisenkern.

Schiebt Kurti Klunker den Eisenkern in die Spule, so vergrößert sich ihr Wechselstromwiderstand deutlich, und es fließt nur noch ein kleiner Strom. Dieser Strom reicht nicht mehr aus, um die Glühlampe zum Leuchten zu bringen.

[Zurück zur Aufgabe E 44](#)

E 45 Lösung

- a) In einem Wechselspannungsgenerator, wie auch in einem Gleichspannungsgenerator wird eine Spule (Ankerspule) in einem Magnetfeld gedreht. Das Magnetfeld in der Spule ändert sich entsprechend der Drehfrequenz periodisch. Die dadurch in der Ankerspule induzierte Spannung ändert ihren Betrag und ihre Richtung also ebenfalls periodisch.

Schließt man die Enden der Spule an zwei Schleifringe an, so kann man über Kohlebürsten eine Wechselspannung abgreifen. Schließt man die Enden der Spule an je eine durch Isolation getrennte Schleifringhälfte (Kommutator) an, so kann man einen pulsierenden Gleichstrom abgreifen.

- b) Im Eisenkern einer Feldwicklung ist stets ein gewisser Restmagnetismus vorhanden. Dreht man nun die Ankerspule des Generators in diesem schwachen Magnetfeld, so wird in ihr eine kleine Spannung erzeugt. Diese lässt bei entsprechender Schaltung einen Strom durch die Feldspule fließen. Dadurch wird das Magnetfeld verstärkt, was wiederum eine höhere Induktionsspannung bewirkt. So erreicht nach kurzer Zeit das Magnetfeld und die erzeugte Spannung ihren maximalen Wert.
- c) Beim Hauptschlussgenerator sind Feld- und Ankerwicklung in Reihe geschaltet. Der Ankerstrom fließt also auch durch die Feldwicklung. Somit hängt die Stärke des Magnetfeldes und damit die Höhe der erzeugten Spannung stark von der jeweiligen Belastung des Generators ab. Dies kann man vermeiden, wenn man die Feldwicklung parallel zur Ankerwicklung schaltet. Einen solchen Generator nennt man Nebenschlussgenerator.

[Zurück zur Aufgabe E 45](#)

E 46 Lösung

a)

Geg.: 1 kWh kostet 0,20 DM, $t = 8 \text{ h}$, $V = 64 \text{ m}^3$, $V = 1 \text{ l} \triangleq F_G = 10 \text{ N}$, $t_2 = 1 \text{ h}$, $h = 20 \text{ m}$, $U = 220 \text{ V}$,
 $\eta = 0,7$, $t_3 = 30 \text{ d}$

Ges.: Stromkosten

Vor.: Wir berechnen zuerst die Hubarbeit, die der Motor in einem Monat verrichten muss und anschließend über den Wirkungsgrad die ihm zugeführte elektrische Arbeit. Nun können wir die Stromkosten berechnen.

$$\text{Lsg.: } W_H = F_G \cdot h \cdot 8 \cdot 30$$

$$W_H = 640.000 \text{ N} \cdot 20 \text{ m} \cdot 8 \cdot 30$$

$$W_H = 3,072 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$\eta = W_H / W_{El}$$

$$\Rightarrow W_{El} = W_H / \eta = \frac{3,072 \cdot 10^9 \text{ J}}{0,7}$$

$$W_{El} = 4,389 \cdot 10^9 \text{ J} = \underline{1.220 \text{ kWh}}$$

1 kWh kostet 0,20 DM.

$$1.220 \text{ kWh kosten } 1.220 \cdot 0,20 \text{ DM} = \underline{\underline{244,- \text{ DM}}}$$

$$\text{NR: } 1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ l}$$

$$64 \text{ m}^3 = 64.000 \text{ l}$$

$$V = 1 \text{ l} \stackrel{\Delta}{=} F_G = 10 \text{ N}$$

$$V = 64 \text{ m}^3 \stackrel{\Delta}{=} F_G = 640.000 \text{ N}$$

$$\text{NR: } 1 \text{ J} = 2,78 \cdot 10^{-7} \text{ kWh}$$

Erg.: Die Stromkosten für einen Monat betragen 244,- DM.

b)

Geg.: $W_{el} = 1220 \text{ kWh}$, $t = 8 \text{ h} \cdot 30 = 240 \text{ h}$, $U = 220 \text{ V}$

Ges.: I

Vor.: Wir berechnen zuerst die elektrische Leistung des Motors und dann über die Spannung den Strom.

$$\text{Lsg.: } P_{el} = W_{el} / t$$

$$P_{el} = \frac{1.220 \text{ kWh}}{240 \text{ h}}$$

$$P_{el} = \underline{5,083 \text{ kW}}$$

$$P_{el} = U \cdot I$$

$$\Rightarrow I = P_{el} / U$$

$$I = \frac{5083 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$\underline{\underline{I = 23,1 \text{ A}}}$$

Erg.: Durch den Motor fließt ein Strom von 23,1 A.

c)

Anker- und Feldspule müssen in Reihe geschaltet werden, deshalb schließen wir die Spannungsquelle an die Klemmen 1 und 4 an und verbinden die Klemme 2 mit der Klemme 3.

Der skizzierte Hauptschlussmotor läuft auch mit Wechselstrom, da der Strom in Anker- und Feldspule gleichzeitig seine Richtung wechselt.

[Zurück zur Aufgabe E 46](#)

E 47 Lösung

Ganz einfach. Schauen wir uns die Skizze von Aufgabe E 46 an. Der skizzierte Hauptschlussmotor ist ja nur deshalb ein Motor, weil wir Strom durch die beiden Spulen schicken und er so elektrische Energie in mechanische Energie umwandeln kann. Würden wir den Anker drehen, so würde infolge der Selbsterregung eine Spannung in der Ankerspule induziert werden, und wir hätten einen Generator, da nun mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt wird.

Will also der Zugführer seinen Zug abbremsen, so muss er den Motor als Generator betreiben. Die gewonnene Energie kann wieder in das elektrische Netz eingespeist werden.

[Zurück zur Aufgabe E 47](#)

E 48 Lösung

a)

Geg.: $U_S = 20 \text{ kV}$, $U_P = 220 \text{ V}$, $N_P = 500 \text{ Wdg}$

Ges.: N_S

Vor.: Einfach die Transformatorgleichung anwenden.

$$\text{Lsg.: } U_P/U_S = N_P/N_S$$

$$\Rightarrow N_S = \frac{N_P \cdot U_S}{U_P}$$

$$N_S = \frac{500 \text{ Wdg} \cdot 20.000 \text{ V}}{220 \text{ V}}$$

$$\underline{\underline{N_S = 45.455 \text{ Wdg.}}}$$

Erg.: Die Sekundärspule muss 45.455 Windungen besitzen.

b)

Geg.: $I_P = 15 \text{ A}$, $N_P = 500 \text{ Wdg}$, $N_S = 45.455 \text{ Wdg}$

Ges.: I_S

Vor.: Transformatorgleichung für den Strom anwenden.

$$\text{Lsg.: } I_P / I_S = N_S / N_P$$

$$\Rightarrow I_S = \frac{I_P \cdot N_P}{N_S}$$

$$I_S = \frac{15 \text{ A} \cdot 500 \text{ Wdg}}{45.455 \text{ Wdg}}$$

$$\underline{\underline{I_S = 0,165 \text{ A}}}$$

Erg.: Der Strom in der Sekundärspule beträgt $I_S = 0,165 \text{ A}$.

[Zurück zur Aufgabe E 48](#)

E 49 Lösung

Geg.: $U = 220 \text{ V}$, $U = 2 \text{ V}$, $I = 300 \text{ A}$, $\eta = 0,3$

Ges.: I_P

Vor.: Opa Karls Transformator arbeitet nicht verlustfrei, d.h., die auf der Primärseite hineingesteckte Energie steht auf der Sekundärseite nur zu 30% zur Verfügung. Über den Wirkungsgrad müssen wir also, nachdem wir die Sekundärleistung bestimmt haben, die Primärleistung berechnen. Danach können wir die gesuchte Größe I ermitteln.

$$\text{Lsg.: } P_S = U_S \cdot I_S$$

$$P_S = 2 \text{ V} \cdot 300 \text{ A} = \underline{\underline{600 \text{ W}}}$$

$$\eta = P_S / P_P$$

$$\Rightarrow P_P = P_S / \eta$$

$$P_P = 600 \text{ W} / 0,3$$

$$\underline{\underline{P_P = 2.000 \text{ W}}}$$

$$P_P = U_P \cdot I_P$$

$$\Rightarrow I_P = P_P / U_P$$

$$I_P = \frac{2.000 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$\underline{\underline{I_P = 9,1 \text{ A}}}$$

Erg.: In der Primärspule fließt ein Strom von $I_P = 9,1 \text{ A}$.

[Zurück zur Aufgabe E 49](#)

E 50 Lösung

Geg.: $P = 500 \text{ MW}$, $R = 5 \Omega$, $U_1 = 380 \text{ kV}$, $U_2 = 220 \text{ V}$

Ges.: P_{W1} , P_{W2}

Vor.: Zuerst berechnen wir die Ströme, die bei den gegebenen Spannungen fließen müssten, um eine Leistung von 500 MW zu übertragen. Die Wärmeleistung, die infolge des Fernleitungswiderstandes verlorengeht, berechnet sich mit $P = U \cdot I$ und $U = R \cdot I$ wie $P_w = R \cdot I^2$.

$$\text{Lsg.: } P = U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

$$\Rightarrow I_1 = P/U_1 \quad \text{und} \quad I_2 = P/U_2$$
$$I_1 = \frac{500.000.000 \text{ W}}{380.000 \text{ V}} \quad I_2 = \frac{500.000.000 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$\underline{I_1 = 1.315,8 \text{ A}} \quad \underline{I_2 = 2,27 \cdot 10^6 \text{ A}}$$

$$P_{W1} = R \cdot I_1^2$$

$$P_{W2} = R \cdot I_2^2$$

$$P_{W1} = 5 \Omega \cdot (1.315,8 \text{ A})^2$$

$$P_{W2} = 5 \Omega \cdot (2,27 \cdot 10^6 \text{ A})^2$$

$$P_{W1} = 8,66 \cdot 10^6 \text{ W} = \underline{\underline{8,66 \text{ MW}}}$$

$$P_{W2} = 2,58 \cdot 10^{13} \text{ W} = \underline{\underline{2,58 \cdot 10^7 \text{ MW}}}$$

Erg.: Bei einer Spannung von 380 kV beträgt die Verlustleistung 8,66 MW, dies sind 1,7 % der Kraftwerksleistung. Bei einer Spannung von 220 V würde die theoretische Verlustleistung $2,58 \cdot 10^7$ MW (!) betragen. Dies ist ein Vielfaches der ganzen Kraftwerksleistung. Bei einem Fernleitungswiderstand von 5Ω und einer Spannung von 220 V kann in praxi keine Leistung von 500 MW übertragen werden, da der maximal mögliche Strom nur $I = U/R = 220 \text{ V}/5 \Omega = 44 \text{ A}$ betragen kann.

[Zurück zur Aufgabe E 50](#)

E 51 Lösung

Hätte Hugo Hastig den Vorwiderstand aus Eisendraht gefertigt, dann hätten die Glühwürmchen überlebt; denn mit steigender Temperatur schwingen die Gitteratome im Eisen immer stärker und hemmen dadurch zunehmend den Fluss der freien Elektronen. Da die Anzahl der freien Elektronen von der Temperatur unabhängig ist, wächst somit mit steigender Temperatur der elektrische Widerstand des Eisendrahtes.

Bei Halbleitern wie Graphit wird der elektrische Widerstand jedoch mit steigender Temperatur kleiner. Natürlich schwingen auch hier die Gitteratome bei hohen Temperaturen stärker als bei tiefen Temperaturen, doch anders als bei Metallen hängt die Anzahl der freien Elektronen bei Halbleitern von der Temperatur ab. In der Nähe des absoluten Nullpunktes leitet ein Halbleiter den elektrischen Strom nicht, da alle Valenzelektronen fest in das Gitter eingebunden sind. Erst bei höheren Tempera-

turen brechen die Bindungen auf und für den Ladungstransport stehen nun Elektronen und positive Elektronenlücken, sogenannte Defektelektronen, zur Verfügung.

[Zurück zur Aufgabe E 51](#)

E 52 Lösung

- a) Um die Leitfähigkeit eines Halbleiters aus Silizium oder Germanium zu verbessern, werden fünfwertige (= fünf Außenelektronen) Atome wie Phosphor, Arsen oder Antimon in das Kristallgitter des vierwertigen Siliziums bzw. Germaniums eingebaut. Diese Fremdatome besitzen nun ein Elektron mehr, als es für ihren Einbau in das Kristallgitter notwendig ist. Das überschüssige Elektron, welches nur schwach an das "Mutterfremdatom" gebunden ist, kann sich infolge Energiezufuhr, z.B. durch die Umgebungswärme, von seinem Mutteratom lösen, und es steht so zusätzlich zur Eigenleitung des Halbleiters für den Ladungstransport zur Verfügung. Ein solcher Halbleiter ist "n-dotiert."

Baut man dagegen dreiwertige Atome, z.B. Aluminium, Gallium oder Indium, in das Kristallgitter eines Halbleiters ein, so fehlt ein Elektron im Gitter. Eine solche Störstelle versucht nun ein Elektron einzufangen, um das Gitter zu vervollständigen. Dadurch kann diese Elektronenlücke, die man auch Defektelektron nennt, durch das Kristallgitter wandern und steht somit für den Ladungstransport zur Verfügung. Ein solcher Halbleiter ist "p-dotiert."

- b) Bringt man einen n-dotierten und einen p-dotierten Halbleiter zusammen, so diffundieren aufgrund der thermischen Bewegung an der Berührungsstelle die Leitungselektronen in den neutralen p-Halbleiter und die Defektelektronen (= positive Löcher) in den neutralen n-Halbleiter. Da die Leitungselektronen mit den Defektelektronen rekombinieren, entsteht an der Berührungsstelle eine ladungsträgerarme Grenzschicht. Diese dehnt sich jedoch nicht durch den ganzen Halbleiterkristall aus, da infolge der Ladungswanderung an der Grenzschicht ein Spannungsgefälle entsteht (n-Halbleiter positiv; p-Halbleiter negativ). Diese Spannung begrenzt die Größe der Grenzschicht, da sie eine weitere Wanderung und damit eine weitere Rekombination der Ladungsträger verhindert.

Armes, süßes, kleines Defektelektron!

- c) Eine Kombination aus n- und p-Halbleiter nennt man Halbleiterdiode.

Legt man an den n-Halbleiter den positiven Pol einer Spannungsquelle und an den p-Halbleiter den negativen Pol, so wird die ladungsträgerarme Grenzschicht größer, da Leitungselektronen und Defektelektronen von der Spannungsquelle abgesaugt werden.

Legt man dagegen den Pluspol an den p-Halbleiter und den Minuspol an den n-Halbleiter, dann werden die Leitungselektronen und die Defektelektronen in die ladungsträgerarme Grenzschicht hineingetrieben. Bei der Rekombination eines x-beliebigen Leitungselektrons mit unserem süßen kleinen Defektelektron wird Energie frei. Erfolgt diese Rekombination in der Grenzschicht einer Leuchtdiode, so wird die Energie als Lichtblitz an die Umgebung abgegeben.

Das Liebesdrama von Oma Bertha kann also durch den richtig gepolten Anschluss einer Spannungsquelle ein strahlendes Happy-End finden. Bei der Betrachtung einer Leuchtdiode kannst du dir also jede Menge solcher Happy-Ends ansehen.

[Zurück zur Aufgabe E 52](#)

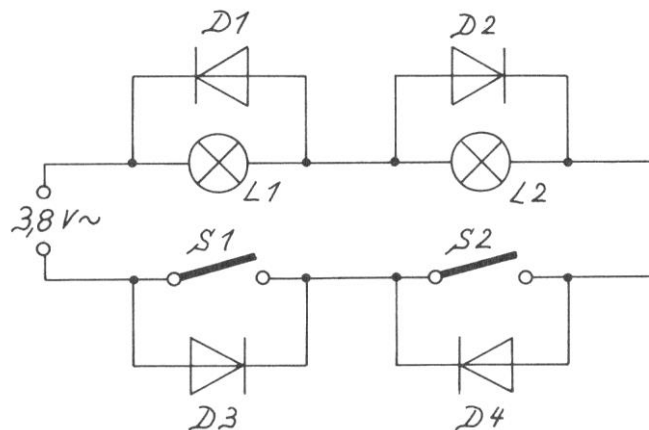
E 53 Lösung

Der im Tropenhelm eingebaute NTC-Widerstand ist ein Halbleiterwiderstand. Deshalb sinkt sein Widerstandswert mit steigender Temperatur. Bekommt Münchhausen nun eine heiße Birne, so erwärmt sich der NTC-Widerstand und sein Widerstandswert wird klein. Der Strom durch die Magnetspule des Relais wird nun so groß, dass der Relaisanker angezogen wird und er den Schaltkontakt schließt. Nun bläst der Ventilator kühlende Luft auf das edle Haupt unseres lieben Barons.

Die zum Antrieb von Ventilator und Relais benötigte Energie liefern die auf dem Tropenhelm angebrachten Solarzellen. Solarzellen sind Dioden, die so gearbeitet sind, dass Licht die ladungsträgerarme Grenzschicht - auch Sperrschicht genannt - erreichen kann. Die so der Sperrschicht zugeführte Strahlungsenergie löst dort Elektronen aus der Kristallbindung und erzeugt dabei gleichzeitig positive Löcher (Defektelektronen) im Kristallgitterverband. In der Sperrschicht ist ein Spannungsgefälle vorhanden, da aufgrund der thermischen Bewegung Elektronen aus dem n-Halbleiter in den p-Halbleiter diffundiert sind und umgekehrt, positive Defektelektronen aus dem p-Halbleiter in den n-Halbleiter. Demzufolge ist der n-Halbleiter schwach positiv und der p-Halbleiter schwach negativ geladen, sodass die durch Strahlungsenergie freigesetzten Elektronen in den n-Halbleiter wandern und die Defektelektronen in den p-Halbleiter. Im n-Halbleiter ist somit ein Überschuss an negativen Ladungsträgern und im p-Halbleiter ein Überschuss an positiven Ladungsträgern. Verbindet man n-Halbleiter und p-Halbleiter über einen äußeren Stromkreis, so fließt in diesem aufgrund des Spannungsgefälles ein Strom.

[Zurück zur Aufgabe E 53](#)

E 54 Lösung



Schließt man den Schalter S1, dann fließt der Strom über die Lampe L1 durch die Dioden D2 und D4 und schließlich über den Schalter S1 zur Spannungsquelle zurück. Die Lampe L2 leuchtet nicht, da sie durch die Diode D2 kurzgeschlossen ist.

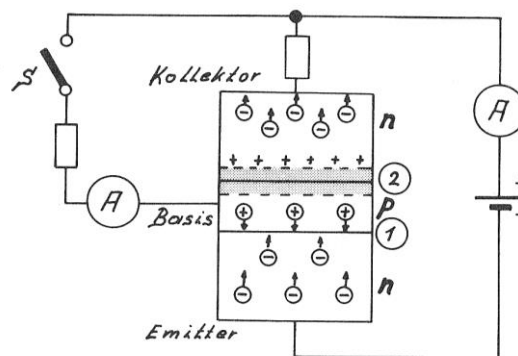
Schließt man den Schalter S2 (S1 bleibt offen), so fließt der Strom durch die Diode D3 und den Schalter S2 zur Lampe L2. Von hier aus fließt der Strom über die Diode 1 zur Spannungsquelle zurück.

Wie man also sieht, funktioniert diese Trickschaltung nur mit Wechselstrom.

[Zurück zur Aufgabe E 54](#)

E 55 Lösung

a)



Schließt man einen npn-Transistor wie skizziert an, so wird die Sperrschicht (1) abgebaut, die Sperrschicht (2) jedoch vergrößert. Im Emitter-Kollektor-Kreis fließt somit kein Strom.

Schließt man den Schalter S, so fließt selbstverständlich ein Emitter-Basis-Strom (z.B. 2 mA), da Emitter und Basis mit den entsprechenden Polen der Spannungsquelle verbunden sind. Erstaunlicherweise fließt jedoch auch ein um ein Vielfaches größerer Emitter-Kollektor-Strom (z.B. 100 mA).

Dieser sogenannte "Transistoreffekt" erklärt sich wie folgt: Die Basis eines Transistors wird immer sehr dünn angefertigt (z.B. 0,001 mm). Deshalb diffundiert der größte Teil der vom Emitter in die Basis strömenden Elektronen in die Sperrschicht (2) hinein, und nur ein geringer Teil, in unserem Beispiel 2%, fließt über den Basisanschluss ab. Die in die Sperrschicht (2) eingedrungenen Elektronen werden aufgrund des Spannungsgefälles in der Sperrschicht (2) (siehe Skizze) in den Kollektor hinein beschleunigt und geraten so in den Einflussbereich der positiven Kollektorspannung, sodass sie von der Spannungsquelle abgesaugt werden.

b)

Die Größe des Basisstromes von Transistor T1 wird durch den Widerstand R1 und den Innenwiderstand des Mikrofons M1 bestimmt. Spricht Eligius nun in das Mikrophon, so ändert sich im Takt der Membranschwingungen dessen Innenwiderstand und entsprechend ändert sich der Basisstrom. Durch den Transistoreffekt hat dies eine starke Änderung des Kollektorstromes zur Folge. Da der Kollektorstrom durch den Lautsprecher fließt, hört so der Sorgenbeladene die beratende Stimme von Eligius. Die gleichen Überlegungen gelten für den Rückruf aus der Kneipe "Zum Flotten Hugo" ins Pfarrhaus.

[Zurück zur Aufgabe E 55](#)

E 56 Lösung

Der Sünder, der die beiden Kontaktplatten berührt, bildet zusammen mit dem Widerstand R1 einen Spannungsteiler. Fängt der Sünder nun an zu schwitzen, so sinkt sein Körperwiderstand. Dadurch steigt die Spannung am Widerstand R1 und gleichzeitig an der Basis des Transistors T1. Ein stärkerer Kollektor-Basis-Strom bei T1 ist die Folge. Dieser Strom fließt durch die Basis von T2. Hier erfolgt eine nochmalige Verstärkung, sodass die Lampe L infolge des großen Kollektor-Emitter-Stromes von T2 aufleuchtet.

[Zurück zur Aufgabe E 56](#)

E 57 Lösung

Schaltskizze A

Der Widerstand R_1 und der Fotowiderstand F_1 bilden zusammen einen Spannungsteiler. Es gilt $R_{F_1} \gg R_{R_1}$. Fällt nun Wärmestrahlung auf den Fotowiderstand F_1 , so gilt $R_{F_1} \ll R_{R_1}$. Dadurch sinkt die Spannung an F_1 und die Spannung an der Basis des Transistors T_1 . Dies hat zur Folge, dass der Kollektor-Emitter-Strom, der auch durch die Magnetspule des Relais Re_1 fließt, sehr klein wird. Der Anker des Relais fällt ab und schaltet über den Schaltkontakt den Motor M_1 aus. Der Kopf des elektronischen Wachhundes dreht sich nun nicht mehr. Sein Vorderrad ist jetzt auf den Einbrecher ausgerichtet.

Schaltskizze B

Fällt Wärmestrahlung auf den Fotowiderstand F_2 , so sinkt sein Widerstandswert und die Spannung an R_4 und damit an der Basis von T_2 wird groß. Dies hat einen starken Kollektor-Emitter-Strom zur Folge, sodass das Relais Re_2 anzieht und es die beiden Motoren M_2 und M_3 einschaltet. Nun jagt der Wachhund Zerberus mit klapperndem Gebiss auf den Einbrecher zu.

[Zurück zur Aufgabe E 57](#)

E 58 Lösung

- a) Oberförster Hubertus Blattschuss drückt auf den Taster für Weiß. An der Basis von Transistor T_1 liegt somit eine positive Spannung, und die schwarze Uhr läuft. Auch wenn Hubertus den Taster wieder loslässt, liegt über die Verbindung e-b noch die positive Spannung an der Basis von T_1 an.

Drückt nun Pfarrer Eligius Rosenfranz auf den Taster für Schwarz, so liegt eine negative Spannung an der Basis von T_1 an. Dadurch wird der Widerstand des Transistors T_1 sehr groß, und die schwarze Uhr bleibt stehen. Da der Widerstand von T_1 sehr viel größer ist als der Widerstand der schwarzen Uhr, liegt nun an der Basis des Transistors T_2 eine positive Spannung an, und die weiße Uhr beginnt zu laufen.

- b) Wenn Du diesen Zweizüger gelöst hast, dann bist Du wirklich ein guter Schachspieler.

Also, die richtige Lösung lautet: Der weiße Turm zieht von f4 nach b4. Gleich, welchen Zug Schwarz nun macht, im nächsten Zug sagt Weiß "Schachmatt!". Probiere alle Möglichkeiten aus, wenn Du es nicht glaubst.

[Zurück zur Aufgabe E 58](#)